

RAHAJARISON NAMBININTSOA Tojonilahatra Patrick Georges

**DISTRIBUTIONS ACTUELLE ET POTENTIELLE D'*AMBLYOMMA*
VARIEGATUM SUR LES HAUTS PLATEAUX MALGACHES**

Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Médecine Vétérinaire

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DE MEDECINE
DEPARTEMENT D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES
ET DE MEDECINE VETERINAIRES

ANNEE : 2015

N° :133

DISTRIBUTIONS ACTUELLE ET POTENTIELLE D'AMBLYOMMA
VARIEGATUM SUR LES HAUTS PLATEAUX MALGACHES

THESE

Présentée et soutenue publiquement

à Antananarivo le 12 juin 2015

Par

Monsieur RAHAJARISON NAMBININTSOA Tojonilahatra Patrick Georges

Né le 09 Novembre 1984 à Befelatanana

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE VETERINAIRE (Diplôme d'Etat)

Directeur de Thèse : Professeur RASAMBAINARIVO Jhon Henri

MEMBRES DU JURY

Président : Professeur RASAMBAINARIVO Jhon Henri

Juges : Professeur RATSIMBAZAFY Jonah

: Professeur RAKOTO Fanomezantsoa Andriamparany

Rapporteur : Docteur RALINIAINA Modestine



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

FACULTE DE MEDECINE

Fax : 22 277 04 - E-mail : BP. 375 Antananarivo
E-mail : facultedemedecine_antananarivo@yahoo.fr

I. CONSEIL DE DIRECTION

- A. DOYEN** Pr. ANDRIAMANARIVO Mamy Lalatiana
- B. VICE-DOYENS**
- ♦ **Médecine Humaine**
 - Troisième Cycle Long (Internat Qualifiant, Clinicat, Agrégation et Formations Professionnalisantes) Pr. RANDRIAMAROTIA Harilalaina Willy Franck
Pr. RANTOMALALA Harinirina Yoël Honora
 - Scolarité
 - 1^{er} et 2^{ème} cycles et communication Pr. RAHARIVELO Adeline
Pr. VOLOLONTIANA Hanta Marie Danielle
 - 3^{ème} cycle court (stage interné, examens de clinique et thèses) Pr. ROBINSON Annick Lalaina
Pr. SOLOFOMALALA Gaëtan Duval
 - Téléenseignement, LMD et projets Pr. RAVELOSON Nasolotsiry Enintsoa
 - Recherche
 - ♦ **Pharmacie** Pr. SAMISON Luc Hervé
 - ♦ **Médecine Vétérinaire** Pr. RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO
Henriette
- C. SECRETAIRE PRINCIPAL**
- Administration Générale et Finances M. RANDRIANJAFIARIMANANA Charles Bruno

II. CONSEIL D'ETABLISSEMENT

- PRESIDENT** Pr. RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO
Henriette

III. CHEFS DE DEPARTEMENT

- | | |
|----------------------------------|--|
| Biologie | Pr. RAKOTO ALSON Aimée Olivat |
| Chirurgie | Pr. RANTOMALALA Harinirina Yoël Honora |
| Médecine | Pr. RABEARIVONY Nirina |
| Mère et Enfant | Pr. ANDRIANAMPANALINARIVO HERY Rakotovao |
| Pharmacie | Dr. RAOELISON Guy Emmanuel |
| Santé Publique | Pr. RAKOTOMANGA Jean de Dieu Marie |
| Sciences Fondamentales et Mixtes | Pr. AHMAD Ahmad |
| Tête et cou | Pr. RAZAFINDRABE John Alberto Bam |
| Vétérinaire | Pr. RAFATRO Herintsoa |

IV. CONSEIL SCIENTIFIQUE

PRESIDENT

Pr. ANDRIAMANARIVO Mamy Lalatiana

V. COLLEGE DES ENSEIGNANTS

A- PRESIDENT

Pr. RAJAONARISON Bertille Hortense

B- ENSEIGNANTS PERMANENTS

B-1- PROFESSEURS TITULAIRES D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE

DEPARTEMENT BIOLOGIE

- Hématologie Biologique
- Immunologie
- Parasitologie

Pr. RAKOTO ALSON Aimée Olivat
Pr. RASAMINDRAKOTROKA Andry
Pr. RAZANAKOLONA Lala Rasoamialy Soa

DEPARTEMENT CHIRURGIE

- Chirurgie Cardio-vasculaire
- Chirurgie Générale
- Chirurgie Pédiatrique
- Chirurgie Thoracique
- Chirurgie Viscérale

- Orthopédie Traumatologie

- Urologie Andrologie

Pr. RAVALISOA Marie Lydia Agnès
Pr. RAKOTO-RATSIMBA Hery Nirina
Pr. ANDRIAMANARIVO Mamy Lalatiana
Pr. RAKOTOVAO Hanitrana Jean Louis
Pr. SAMISON Luc Hervé
Pr. RAKOTOARIJAONA Armand Herinirina
Pr. RAZAFIMAHANDRY Henri Jean Claude
Pr. SOLOFOMALALA Gaëtan Duval
Pr. RANTOMALALA Harinirina Yoël Honora

DEPARTEMENT MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

- Cardiologie
- Dermatologie Vénérologie
- Endocrinologie et métabolisme
- Hépatogastro-entérologie
- Maladies Infectieuses
- Néphrologie

- Neurologie
- Psychiatrie

- Radiothérapie - Oncologie Médicale

Pr. RABEARIVONY Nirina
Pr. RAPELANORO RABENJA Fahafahantsoa
Pr. RAMAHANDRIDONA Georges
Pr. RAMANAMPAMONJY Rado Manitrana
Pr. RANDRIA Mamy Jean de Dieu
Pr. RAJAONARIVELO Paul
Pr. RABENANTOANDRO Rakotomanantsoa
Pr. RANDRIAMAROTIA Hariilaina Willy Franck
Pr. TEHINDRAZANARIVELO Djacoba Alain
Pr. RAHARIVELO Adeline
Pr. RAJAONARISON Bertille Hortense
Pr. RAFARAMINO RAZAKANDRAINA Florine

DEPARTEMENT MERE ET ENFANT

- Gynécologie Obstétrique
- Pédiatrie

Pr. ANDRIANAMPANALINARIVO HERY Rakotovao
Pr. RAVELOMANANA RAZAFIARIVAO Noëline
Pr. RAOBIJAONA Solofoniana Honoré
Pr. ROBINSON Annick Lalaina

DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE

- Administration et Gestion Sanitaire Pr. RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO
Henriette
- Education pour la Santé Pr. ANDRIAMANALINA Nirina Razafindrakoto
- Santé Communautaire Pr. RANDRIANARIMANANA Dieudonné
- Santé Familiale Pr. RANJALAHY RASOLOFOMANANA Justin
- Statistiques et Epidémiologie Pr. RAKOTOMANGA Jean de Dieu Marie

DEPARTEMENT SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

- Anatomie Pathologique Pr. RANDRIANJAFISAMINDRAKOTROKA
Nantenaina Soa
- Radiodiagnostic et Imagerie Médicale Pr. AHMAD Ahmad

DEPARTEMENT TETE ET COU

- Neurochirurgie Pr. ANDRIAMAMONJY Clément
- Pr. RABARIJAONA Mamiarisoa
- Ophtalmologie Pr. ANDRIANTSOA RASOAVELONORO Violette
- Pr. BERNARDIN Prisca
- Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale Pr. RAZAFINDRABE John Alberto Bam

DEPARTEMENT VETERINAIRE

- Pharmacologie Pr. RAFATRO Herintsoa

B-2- PROFESSEURS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE**DEPARTEMENT CHIRURGIE**

- Chirurgie Pédiatrique Pr. HUNALD Francis Allen
- Urologie Andrologie Pr. RAKOTOTIANA Auberlin Felantsoa

DEPARTEMENT MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

- Cardiologie Pr. RAKOTOARIMANANA Solofonirina
- Dermatologie Vénérologie Pr. RAMAROZATOVO Lala Soavina
- Maladies Infectieuses Pr. ANDRIANASOLO Radonirina Lazasoa
- Médecine Interne Pr. VOLOLONTIANA Hanta Marie Danielle
- Néphrologie Pr. RANDRIAMANANTSOA Lova Narindra
- Réanimation Médicale Pr. RAVELOSON Nasolotsiry Enintsoa

DEPARTEMENT MERE ET ENFANT

- Gynécologie Obstétrique Pr. RANDRIAMBELOMANANA Joseph Anderson

DEPARTEMENT SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

- Physiologie Pr. RAKOTOAMBININA Andriamahery
Benjamin

DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE

- Administration et Gestion Sanitaire Pr. RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO
Henriette
- Education pour la Santé Pr. ANDRIAMANALINA Nirina Razafindrakoto
- Santé Communautaire Pr. RANDRIANARIMANANA Dieudonné
- Santé Familiale Pr. RANJALAHY RASOLOFOMANANA Justin
- Statistiques et Epidémiologie Pr. RAKOTOMANGA Jean de Dieu Marie

DEPARTEMENT SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

- Anatomie Pathologique Pr. RANDRIANJAFISAMINDRAKOTROKA
Nantenaina Soa
- Radiodiagnostic et Imagerie Médicale Pr. AHMAD Ahmad

DEPARTEMENT TETE ET COU

- Neurochirurgie Pr. ANDRIAMAMONJY Clément
- Pr. RABARIJAONA Mamiarisoa
- Ophtalmologie Pr. ANDRIANTSOA RASOAVELONORO Violette
- Pr. BERNARDIN Prisca
- Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale Pr. RAZAFINDRABE John Alberto Bam

DEPARTEMENT VETERINAIRE

- Pharmacologie Pr. RAFATRO Herintsoa

B-2- PROFESSEURS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE**DEPARTEMENT CHIRURGIE**

- Chirurgie Pédiatrique Pr. HUNALD Francis Allen
- Urologie Andrologie Pr. RAKOTOTIANA Auberlin Felantsoa

DEPARTEMENT MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

- Cardiologie Pr. RAKOTOARIMANANA Solofonirina
- Dermatologie Vénérologie Pr. RAMAROZATOVO Lala Soavina
- Maladies Infectieuses Pr. ANDRIANASOLO Radonirina Lazasoa
- Médecine Interne Pr. VOLOLONTIANA Hanta Marie Danielle
- Néphrologie Pr. RANDRIAMANANTSOA Lova Narindra
- Réanimation Médicale Pr. RAVELOSON Nasolotsiry Enintsoa

DEPARTEMENT MERE ET ENFANT

- Gynécologie Obstétrique Pr. RANDRIAMBELOMANANA Joseph Anderson

DEPARTEMENT SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

- Physiologie Pr. RAKOTOAMBININA Andriamahery
Benjamin

C- ENSEIGNANTS NON PERMANENTS

C-1- PROFESSEURS EMERITES

Pr. ANDRIANANDRASANA Arthur	Pr. RAKOTOMANGA Samuel
Pr. ANDRIANARISOA Ange Christophe Félix	Pr. RAKOTO - RATSIMAMANGA S. U
Pr. AUBRY Pierre	Pr. RAKOTOZAFY Georges
Pr. FIDISON Augustin	Pr. RAMAKAVELO Maurice Philippe
Pr. RABARIOELINA Lala	Pr. RAMONJA Jean Marie
Pr. RABENANTOANDRO Casimir	Pr. RANDRIAMAMPANDRY
Pr. RABETALIANA Désiré	Pr. RANDRIANASOLO Jean Baptiste Olivier
Pr. RADESA François de Sales	Pr. RANDRIARIMANGA Ratsiatery Honoré Blaise
Pr. RAJAONA Hyacinthe	Pr. RATSIVALAKA Razafy
Pr. RAKOTOMANGA Robert	Pr. RAZANAMPARANY Marcel
	Pr. ZAFY Albert

C-2- CHARGE D'ENSEIGNEMENT

DEPARTEMENT CHIRURGIE

- Chirurgie Générale

Pr. RAVELOSON Jean Roger

DEPARTEMENT TETE ET COU

- ORL et Chirurgie Cervico-Faciale

Pr. RAKOTO Fanomezantsoa Andriamparany

VI. SERVICES ADMINISTRATIFS

CHEFS DE SERVICES

AFFAIRES GENERALES

M. RANDRIANARISOA Rija Hanitra

COMPTABILITE

M. RATSIMBAZAFIARISON Nivoson Espérant

PERSONNEL

Mme. RAKOTOARIVELO Liva Harinivo Vonimbola

SCOLARITE

Mme. SOLOFOAONA R. Sahondranirina

TROISIEME CYCLE LONG

Mme. RANIRISOA Voahangy

VII. IN MEMORIAM

Pr. RAMAHANDRIARIVELO Johnson	Pr. RAZAFINTSALAMA Charles
Pr. RAJAONERA Frédéric	Pr. RANAIVOARISON Milson Jérôme
Pr. ANDRIAMASOMANANA Veloson	Pr. RASOLONJATOVO Andriananja Pierre
Pr. RAKOTOSON Lucette	Pr. MANAMBELONA Justin
Pr. ANDRIANJATOVO RARISOA Jeannette	Pr. RAZAKASOA Armand Emile
Dr. RAMAROKOTO Razafindramboa	Pr. RAMIALIHARISOA Angeline
Pr. RAKOTOBE Alfred	Pr. RAKOTOBE Pascal
Pr. ANDRIAMIANDRA Aristide	Pr. RANAIVOZANANY Andrianady
Dr. RAKOTONANAHARY	Pr. RANDRIANARIVO
Pr. ANDRIANTSEHENO Raphaël	Pr. RAKOTOARIMANANA Denis Roland
Pr. RANDRIAMBOLOLONA Robin	Pr. ANDRIAMANANTSARA Lambosoa
Pr. RAMANANIRINA Clarisse	Pr. RAHAROLAHY Dhels
Pr. RALANTOARITSIMBA Zhouder	Pr. ANDRIANJATOVO Jean José
Pr. RANIVOALISON Denys	Pr. ANDRIANAIVO Paul Armand
Pr. RAKOTOVAO Rivo Andriamiadana	Pr. RANDRIAMBOLOLONA RASOAZANANY Aimée
Pr. RAVELOJAONA Hubert	Pr. RATOVO Fortunat
Pr. ANDRIAMAMPIHANTONA Emmanuel	Pr. GIZY Ratiambahoaka Daniel
Pr. RANDRIANONIMANDIMBY Jérôme	Pr. RASOLOFONDRAIBE Aimé
Pr. RAKOTONIAINA Patrice	Dr. RAZAKAMANIRAKA Joseph
Pr. RAKOTO-RATSIMAMANGA Albert	Pr. ANDRIANJATOVO Joseph
Pr. RANDRIANARISOLO Raymond	Pr. RAHARIJAONA Vincent Marie
Dr. RABEDASY Henri	Pr. RAKOTOVAO Joseph Dieudonné
Pr. MAHAZOASY Ernest	Pr. KAPISY Jules Flaubert
Pr. RATSIFANDRIHAMANANA Bernard	Pr. ANDRIAMBAC Damasy Seth

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

A Dieu tout puissant

Qui m'a donné santé, force, intelligence et mémoire pour parvenir au bout de mon étude. **Dès le ventre de ma mère, je m'appuie sur toi ; c'est toi qui m'a fait sortir du sein maternel** » *Psaume 71* : 6. A lui soit toute la gloire éternellement.

Au SCAC (Ambassade de France à Madagascar)

Qui assurait le financement du projet pour la réalisation des travaux de terrain.

Au FOFIFA-DRZV et au CIRAD

Qui se chargeaient de toute la gestion du projet pour la réalisation des travaux de terrain. Je remercie particulièrement Docteur STACHURSKI Frédéric qui a eu une bonne volonté de nous aider à préparer en bonne et de forme cette thèse malgré l'abondance de ses occupations et son immense responsabilité. Docteur, je ne serais pas capable de récompenser tout ce que vous avez fait pour moi, Dieu vous le rendra. Tous mes vifs remerciements.

Je tiens également à remercier toute l'équipe du DRZV pour leur soutien et leur encouragement tout au long des difficultés que j'ai passées pour la préparation de cette soutenance.

Au Docteur Davida (Vétérinaire sanitaire d'Anjozorobe) et sa femme

Qui m'ont montré un bon accueil durant mes séjours à Anjozorobe pour relayer le terrain de cette étude.

A la mémoire de mes grands parents

Qui m'ont surtout élevé depuis mon enfance pour faire de moi un homme comme je suis actuellement. Qu'ils reposent en paix.

A la mémoire de mon beau-père

Qui a su me montrer son grand amour au cours de sa vie. Repose en paix « Dadafara ».

A ma mère

Pour son amour, son soutien et sa patience. Que Dieu te donne santé et force « Neny » pour accomplir tous tes devoirs si pénibles. Réjouis-toi avec moi dans ce travail.

A mes frères et ma sœur

Pour leur affection et leur soutien, en particulier notre grand frère Lalaina qui m'a aussi soutenu financièrement. Souvenez-vous que ma réussite est également la vôtre.

A Landy

Pour son soutien, sa patience et son amour. Que Dieu accomplisse tes vœux sur cette vie.

A Nambinina

Pour son encouragement, son grand amour et sa sympathie. Que Dieu te récompense.

Au Docteur Hervé

Merci beaucoup pour tous les soutiens que tu m'as apportés. Que Dieu récompense toute ta sympathie et ta générosité à mon égard.

A toute ma Famille

Pour leur soutien et leur encouragement. Je remercie en particulier mon oncle « Mr Lucien » pour son conseil moral. De même aussi ma tante, Docteur Josephine pour son soutien de toute forme.

A mes amis Armel, Jonia, Tsiry, Jean Noël, Phillibert et Idrissa

Pour notre amitié, fraternité et les différents moments savoureux que nous avons passés ensemble. Que notre amitié se poursuive jusqu'au domaine professionnel.

A la promotion MIARO

Tous les moments inoubliables que nous avons vécus ensemble restent un grand souvenir pour moi. Succès et prospérité seront notre compagnie dans la profession.

A NOTRE HONORABLE PRESIDENT ET DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Docteur RASAMBAINARIVO Jhon Henri

Agrégé en Médecine Vétérinaire et Productions animales

Directeur de recherche

Enseignant à la Faculté de Médecine d'Antananarivo au sein du Département d'Enseignement des Sciences et de Médecine Vétérinaires

Qui nous a fait un grand honneur de diriger notre thèse en dépit de ses nombreuses et immenses responsabilités pour la rendre soutenable publiquement,

Pour l'intérêt porté à notre travail, sa gentillesse et sa disponibilité,

Puis, il nous a encore très honoré en présidant cette thèse.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre sincère reconnaissance

A NOS MAITRES ET HONORABLES JUGES DE THÈSE

Monsieur le Docteur RATSIMBAZAFY Jonah

Professeur HDR en Primatologie au Département Paléontologie et d'Anthropologie Biologiques

Enseignant à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Co-vice chair IUCN/SSC Primate Spécialiste Group Madagascar

Monsieur le Docteur RAKOTO Fanomezantsoa Andriamparany

Professeur d'Enseignement Supérieur et de Recherche en ORL et Chirurgie Cervico-Faciale à la Faculté de Médecine d'Antananarivo

Directeur général de l'hôpital CENHOSOA (Centre Hospitalier de Soavinandriana)

Pour le grand honneur que vous nous avez accordé à faire partie des membres du jury pour valoriser notre travail par votre compétence.

Veillez recevoir toute notre reconnaissance et nos sentiments plus respectueux.

A NOTRE MAITRE RAPPORTEUR DE THÈSE

Madame le Docteur RALINIAINA Modestine

Vétérinaire chercheur du FOFIFA-DRZV

Chef du Département de FOFIFA-DRZV

Enseignante au sein du Département d'Enseignement des Sciences et de Médecine Vétérinaires.

Qui en dépit de ses nombreuses occupations et sa grande responsabilité, a bien voulu consacré une partie de son temps si précieux pour nous aider dans la préparation de cette thèse pour qu'elle soit soutenue au public.

Veillez trouver ici l'expression de toute notre gratitude et notre grande reconnaissance.

**A NOTRE MAITRE ET DOYEN DE LA FACULTE DE MEDECINE
D'ANTANANARIVO**

Monsieur le Professeur ANDRIAMANARIVO Mamy Lalatiana

Toutes nos respectueuses considérations

**A NOTRE CHEF DE DEPARTEMENT D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES
ET DE MEDECINE VETERINAIRE**

Toutes nos respectueuses considérations

**A TOUS NOS MAITRES ET ENSEIGNANTS DE LA FACULTE DE
MEDECINE ET DU DEPARTEMENT D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET
DE MEDECINE VETERINAIRES**

Toutes nos reconnaissances et gratitude si profondes en guise de l'enseignement et de la formation que vous nous avez transmis.

**A TOUT LE PERSONNEL ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE DU DESMV ET
DE LA FACULTE DE MEDECINE D'ANTANANARIVO**

Nos sincères remerciements

**A TOUS LES RESPONSABLES DES SITES DE STAGE DANS LESQUELS
NOUS AVONS EFFECTUE NOS STAGES PRATIQUES**

Pour le transfert de connaissance et de l'expérience que vous nous avez accordé.

**A TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRES OU DE LOIN A LA
REALISATION DE CE TRAVAIL**

Nos sincères remerciements.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
I. RAPPELS SUR LES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D' <i>AMBLYOMMA</i> <i>VARIEGATUM</i>	3
I.1. QUELQUES MOTS DE VOCABULAIRES	3
I.1.1. Définition de la « tique »	3
I.1.2. Synonymie	3
I.2. CLASSIFICATION D' <i>A. VARIEGATUM</i>	3
I.3. MORPHOLOGIE.....	4
I.3.1. Morphologie générale des tiques	4
I.3.2. Morphologie d' <i>A. variegatum</i>	4
I.3.2.1. Morphologie des adultes.....	6
I.3.2.2. Morphologie des immatures	6
I.4. Anatomie	8
I.4.1. Anatomie externe.....	8
I.4.2. Anatomie interne	9
I.5. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE D' <i>A. VARIEGATUM</i>	12
I.5.1. Généralités sur les tiques	12
I.5.2. Spécificités biologique et écologique d' <i>A. variegatum</i>	13
I.5.3. Cycle évolutif d' <i>A. variegatum</i>	13

I.5.3.1. Traits communs à toutes les stases	13
I.5.3.2. Phase parasitaire	15
I.5.3.3. Phase non parasitaire	19
I.5.3.4. Dynamique saisonnière d' <i>A. variegatum</i>	27
I.6. Importance d' <i>A. variegatum</i>	28
I.6.1. Impacts directs	28
I.6.1.1. Dommages locaux	29
I.6.1.2. Pertes de croissance	29
I.6.1.3. Impacts sur la production laitière	30
I.6.2. Pertes indirectes	31
I.6.2.1. Cowdriose ou « heartwater »	31
I.6.2.2. Dermatophilose.....	32
I.6.2.3. Autres maladies associées à <i>A. variegatum</i>	34
1.7. Distribution mondiale d' <i>A. variegatum</i>	34
1.8. Lutte contre <i>A. variegatum</i>	39
1.8.1. Méthode traditionnelle par détiquage manuel.....	39
1.8.2. Méthodes chimiques avec des acaricides.....	39
1.8.3. Méthode alternative.....	43
II. MÉTHODES ET RÉSULTATS.....	44
II.1. MÉTHODES.....	44
II.1.1. Caractéristiques du cadre de l'étude.....	44

II.1.1.1. Choix des zones d'étude.....	44
II.1.1.2. Choix de la période d'étude	45
II.1.1.3. Présentation de la zone d'étude	45
II.1.1.3.1. Etude expérimentale avec les nymphes d' <i>A. variegatum</i> et suivi d'infestation de bovins.....	45
II.1.1.3.1.1. Commune rurale de Talata Volonondry.....	46
II.1.1.3.1.2. Commune rurale de Mangamila.....	49
II.1.1.3.1.3. Commune rurale d'Anjozorobe	53
II.1.1.3.1.4. Les sites d'étude proprement dits dans les trois communes.....	57
II.1.1.3.2. Enquête sur la distribution d' <i>A. variegatum</i>	57
II.1.1.3.2.1. Région d'Anjozorobe.....	57
II.1.1.3.2.2. Région du Vakinankaratra	57
II.1.2. Type et période d'étude	62
II.1.3. Populations de l'étude, critères d'inclusions et critères d'exclusion des sujets	63
II.1.3.1. Etude expérimentale avec les nymphes d' <i>A. variegatum</i>	63
II.1.3.2. Suivi d'infestation de bovins.....	63
II.1.3.3. Enquête de distribution de la tique.....	63
II.1.4. Mode d'échantillonnage et taille de l'échantillon	63
II.1.5. Variables étudiées.....	64
II.1.6. Mode de collectes des données	64

II.1.7. Réalisation des activités	65
II.1.7.1. Suivi de la métamorphose et de survie des nymphes d' <i>A. variegatum</i>	65
II.1.7.1.1. Elevage des tiques au FOFIFA-DRZV à Ampandrianomby.....	65
II.1.7.1.2. Réalisation de l'expérience sur les sites d'étude	69
II.1.7.2. Suivi d'infestation des bovins	72
II.1.7.2.1. Choix des bovins suivis et fréquence de contrôles	72
II.1.7.2.2. Collectes des tiques sur les bovins	73
II.1.7.2.3. Identification au laboratoire des tiques collectées	73
II.1.7.3. Enquête sur la distribution d' <i>A. variegatum</i>	75
II.1.7.3.1. Technique d'enquête.....	75
II.1.7.3.2. Zones d'enquêtes	76
II.1.8. Documentation	77
II.1.9. Mode d'analyse des données.....	77
II.1.10. Calculs statistiques utilisés et leurs conditions d'applications.....	77
II.1.10.1. Mesure de la tendance centrale	77
II.1.10.2. Mesure de dispersion.....	77
II.1.10.3. Autres mesures	78
II.1.11. Limites de l'étude.....	79
II.1.12. Considérations éthiques.....	79
II.2. RÉSULTATS.....	80
II.2.1. Suivi de métamorphose et de survie des nymphes d' <i>A. variegatum</i>	80

II.2.1.1. Données climatiques enregistrées	80
II.2.1.2. Caractéristiques des tiques placées dans les cages.....	83
II.2.1.2.1. Persistance de la mobilité des nymphes gorgées	83
II.2.1.2.2. Non-progressivité des résultats.....	85
II.2.1.2.3. Disparition et récupération des tiques	86
II.2.1.2.4. Mortalité des tiques	90
II.2.1.2.5. Métamorphose des nymphes	90
II.2.2. Suivi d'infestation des troupeaux de bovins.....	96
II.2.3. Enquête sur la distribution d' <i>A. variegatum</i>	102
II.2.3.1. Dans la région d'Anjozorobe	102
II.2.3.2. Dans la région du Vakinankaratra	106
III. DISCUSSION	110
III.1. Suivi de métamorphose et de survie des nymphes <i>A. variegatum</i>	110
III.2. Suivi d'infestation de bovins.....	116
III.3. Enquête sur la distribution d' <i>A. variegatum</i>	118
CONCLUSION	126
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Effectif des principaux animaux élevés dans la Commune de Talata Volonondry	49
Tableau II : Effectif des animaux principalement élevés dans la Commune de Mangamila.....	52
Tableau III : Effectif des espèces animales principalement élevées dans la Commune d'Anjozorobe et nombre de leurs éleveurs.....	56
Tableau IV : Répartition de la population de la région du Vakinankaratra.....	58
Tableau V : Effectif des espèces principalement élevées dans la région du Vakinankaratra	62
Tableau VI : Nombre des nymphes mobiles selon le délai séparant l'installation de la série et la date de l'examen de cages à Talata pour les quatre séries (30 tiques par cage)	84
Tableau VII : Nombre et état de tiques retrouvées dans les quatre premières cages examinées pour chaque série (ouvertes 3, 6, 9 et 12 semaines après installation des nymphes gorgées).....	87
Tableau VIII : Nombre maximal et minimal de tiques retrouvées dans les cages en fonction des séries dans les trois sites	88
Tableau IX : Nombre et caractéristiques des tiques mortes dans les trois sites	90
Tableau X : Semaine au cours de laquelle les premiers adultes <i>Amblyomma</i> <i>variegatum</i> ont été observés dans les cages pour toutes les séries dans les trois sites....	91
Tableau XI : Évolution du pourcentage d'adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site M	92

Tableau XII : Évolution du pourcentage d’adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site A.....	92
Tableau XIII : Évolution du pourcentage d’adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site T.....	93
Tableau XIV : Taux de métamorphose moyen des dernières cages contrôlées (3 dernières pour les séries 1 et 2 ; et 2 dernières cages pour les séries 3 et 4) dans les trois sites.....	93
Tableau XV : Nombre moyen d’ <i>A. variegatum</i> récoltés (nymphes, mâles et femelles) sur les bovins du site T en fonction de la date de suivi.....	100

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : <i>Amblyomma variegatum</i> mâle	5
Figure 2 : <i>A. variegatum</i> mâles (en haut), femelles à jeun (en bas à gauche) et gorgées (en bas à droite)	7
Figure 3 : Nymphes à jeun et gorgées d' <i>A. variegatum</i>	7
Figure 4 : Larves à jeun et gorgées d' <i>A. variegatum</i>	8
Figure 5 : Première paire de pattes de tique.....	9
Figure 6 : Cycle biologique d' <i>A. variegatum</i>	14
Figure 7 : Distribution d' <i>A. variegatum</i> en Afrique, dans l'Océan indien et dans la péninsule arabique.....	36
Figure 8 : Distribution d' <i>A. variegatum</i> sur les petites Antilles (les dates entre parenthèses correspondent à l'année de première observation; il y a deux dates lorsqu'une campagne d'éradication a été suivie par une réinfestation.....	37
Figure 9 : Localisation globale des trois sites d'étude.....	46
Figure 10 : Localisation de la région du Vakinankaratra.....	58
Figure 11 : Flacons de transport des tiques <i>A. variegatum</i>	66
Figure 12 : Chèvre équipée de sacs dans lesquels sont placées les nymphes d' <i>A. variegatum</i> à gorgier	68
Figure 13 : Contention de chèvre durant la mise en gorgement des tiques ou leur collecte (à gauche), et méthode de collecte des larves ou des nymphes gorgées d' <i>A. variegatum</i> (à droite).....	69
Figure 14 : Enregistreurs de température et humidité (à gauche) et de pluies (à droite) installés près des cages.....	70

Figure 15 : Examen des cages pour la recherche des tiques	72
Figure 16 : Méthode de collecte de tiques durant le suivi d'infestation de bovins	73
Figure 17 : Identification des tiques sur la loupe binoculaire	74
Figure 18 : Larve à jeun, larve gorgée, nymphe, mâle face ventrale et dorsale et femelle semi-gorgée de <i>Rh. (B) microplus</i>	74
Figure 19 : Evolution de la température moyenne (graphique du haut) et minimale (graphique du bas) dans les trois sites.....	80
Figure 20 : Evolution du nombre des quarts d'heures pendant lesquels la température resta inférieure à 10° C (graphique du haut) 12, 5° C (graphique du bas) dans les trois sites; il y a 96 quarts d'heures par jour	82
Figure 21 : Evolution de l'humidité moyenne journalière dans les trois sites	83
Figure 22 : Proportion des nymphes mobiles contrôlées à 3 semaines de mise en cage selon les séries dans les trois sites.....	84
Figure 23 : Evolution de l'état de tiques mises en cages pour la série 4 dans le site T..	85
Figure 24 : Evolution de l'état de tiques mises en cages pour la série 1 dans le site M.	86
Figure 25 : Nymphes d' <i>A. variegatum</i> en métamorphose dans le collet d'une touffe de graminée	88
Figure 26 : Nombre moyen de tiques retrouvées dans les trois sites pour toutes les séries	89
Figure 27 : Evolution du nombre des tiques retrouvées dans les trois sites pour la série 1	89
Figure 28 : Nymphes d' <i>A. variegatum</i> en métamorphose, futurs adultes (mâle en haut, femelles en bas) (à gauche) ; mâle juste après métamorphose encore dans l'exuvie de la nymphe et exuvie vide (à droite)	94

Figure 29 : Comparaison du taux de métamorphose des nymphes de série 1 et de série 4 pour les sites M et T; et du celui de série 2 et de série 4 pour le site A.....	95
Figure 30 : Nombre moyen de <i>Rh. (B) microplus</i> récoltés par animal dans les trois sites en fonction de la date de contrôle.....	96
Figure 31 : Evolution du nombre moyen de femelles standard (<i>Rh. (B) microplus</i>) récoltées dans les trois sites en fonction de la date de contrôle	97
Figure 32 : Evolution du nombre moyen des nymphes d' <i>A. variegatum</i> sur les bovins des sites M et T	98
Figure 33 : Evolution du nombre moyen d'adultes d' <i>A. variegatum</i> sur les bovins de Talata.....	101
Figure 34 : Carte de distribution d' <i>A. variegatum</i> dans la région d'Anjozorobe.....	105
Figure 35 : Carte de distribution d' <i>A. variegatum</i> dans la région de Vakinankaratra .	109

LISTE DES ANNESXES

Annexe I : CHRONOLOGIE DES TRAVAUX SUR L'EXPERIENCE EN CAGES

Annexe II : QUESTIONNAIRES D'ENQUETE SUR LA DISTRIBUTION D'A. *VARIEGATUM* FICHE D'ENQUETES

Annexes III : DONNEES BRUTES DES RESULTATS

- **Annexe IIIa** : Récapitulatif du devenir des nymphes gorgées d'A. *variegatum* déposées dans les cages
- **Annexe IIIb** : Résultats d'enquêtes

LISTE DES ABRÉVIATIONS

€ : euro

°C : degré celsius

Ar : Ariary

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomie pour le Développement

cm : centimètre

CSB : Centre de Santé de Base

FOFIFA¹-DRZV² : ¹Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiarina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra - ²Direction de Recherches Zootechniques et Vétérinaires

FAO : Food and Agriculture Organization

FVR : Fièvre de la Vallée du Rift

g : gramme

GPS : Global Positioning System

h : heure

HR ou RH : Humidité relative

j : jour

kg : kilogramme

Km : kilomètre

km² : Kilomètre carré

m : mètre

mg : milligramme

ml : millilitre

mm : millimètre

p.100 ou % : pourcent

PAM : Programme Alimentaire Mondial

PCD : PLAN Communal de Développement

PCR : Polymerase Chain Reaction

RN : Route Nationale

SCAC : Service de Coopération et d'Action Culturelle

Site A : Ambohibe

Site M : Mananta

Site T : Talata Volonondry (Ambatomahamanina)

SVR : Service Vétérinaire Régional

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les tiques font partie des parasites externes faisant le plus souffrir les animaux. En parasitant leurs hôtes, elles provoquent des dégâts qui sont de deux ordres, directs, du fait de leur action prédatrice et vulnérante, et indirects, en transmettant ou favorisant des maladies [1, 2, 3]. *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) est l'une des espèces de tiques les plus préjudiciables pour l'élevage africain et caribéen [4, 5], constituant un frein considérable à l'amélioration de la productivité du cheptel ruminant par l'importation des races européennes plus performantes, mais plus sensibles, ou par le développement de leur croisement avec les races locales [6].

A. variegatum, originaire d'Afrique [6, 7, 8], a été introduite à Madagascar il y a probablement au moins 10 siècles par l'importation de bovins infestés en provenance d'Afrique de l'Est [9], mais y a été décrite pour la première fois par Neumann en 1899 [10, 11]. La distribution de cette espèce, contrairement à celle de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* qui colonise toutes les régions de l'île, est encore limitée. C'était du moins le cas, il y a environ 30 ans, quand Uilenberg *et al.* ont rapporté qu'elle était absente d'une partie de l'extrême sud, probablement indemne du fait de l'insuffisance des précipitations annuelles, et qu'elle était rare sur les Hautes Terres où le froid hivernal semblait bloquer son cycle biologique [11]. En revanche, *A. variegatum* était abondante en été le long des routes où passaient les bovins provenant de l'ouest d'Antananarivo et destinés à l'abattage. En l'absence d'introduction régulière de ces bovins infestés, la région d'Antananarivo serait restée indemne de tiques car il était fort probable que ces dernières ne pouvaient pas y survivre [11].

Le changement climatique actuel que subit la planète pourrait modifier la situation. Si les Hauts-Plateaux étaient précédemment non infestés par *A. variegatum*, ce n'est plus le cas actuellement car la tique est désormais en permanence présente sur les zones où elle n'était pas avant comme à Arivonimamo et Imerintsiatosika. Par ailleurs, d'après une enquête faite en 2008 à Anjozorobe, il y a une zone (à l'ouest de la ville) où *A. variegatum* est présente et une autre (au sud) où elle n'est pas mentionnée et même où les éleveurs ne la connaissent pas. Pourtant, il y a de fréquentes introductions d'animaux parasités par *A. variegatum* par les éleveurs de la région : bovins achetés sur des marchés des zones infestées, bœufs de traits allant travailler dans les rizières de la

région de Moramanga puis ramenés sur les hautes terres sans être détiqués... Dans la région d'Antsirabe, la situation d'*A. variegatum* n'est pas connue, alors que dans cette zone est concentrée une part importante de l'élevage laitier, comprenant notamment des vaches de races importées ou améliorées qui souffriraient grandement de l'invasion par *A. variegatum* car elles sont plus sensibles que les zébus malgaches à la cowdriose, une maladie transmise par cette tique, et à la dermatophilose, une maladie cutanée dont les lésions sont plus graves en présence des adultes d'*A. variegatum*.

Toutes ces raisons ont incité des chercheurs à développer des projets de recherche sur *A. variegatum* afin de vérifier si la distribution de la tique avait changé depuis les études et les collectes de 1979, et si on pouvait encore craindre de nouvelles évolutions dans les prochaines années. L'étude réalisée avait différents objectifs. Premièrement, identifier la distribution actuelle de la tique dans deux zones particulières des hauts plateaux ; deuxièmement, déterminer si les contraintes climatiques expliquaient cette distribution, c'est à dire si les caractéristiques des sites actuellement indemnes, notamment la température, empêchaient l'accomplissement du cycle de la tique : il s'agissait en fait de comprendre pourquoi les tiques disséminées régulièrement en zone indemne par les animaux infestés ne s'y implantaient pas ; troisièmement, déterminer la cinétique de métamorphose des nymphes en adultes en fonction des caractéristiques climatiques des zones d'études et si possible, déterminer la température minimale seuil empêchant la survie des nymphes d'*A. variegatum* (stade présent dans le milieu pendant la saison froide). Les résultats attendus devaient nous permettre de proposer des mesures de lutte adaptées aux diverses zones d'élevage, qu'elles soient infestées par *A. variegatum* ou encore indemnes. La détermination de températures-seuil de survie pouvait d'autre part permettre de prévoir les modifications futures de la distribution en fonction des évolutions climatiques attendues dans les prochaines décennies.

Ce document est classiquement divisé en une introduction suivie d'une première partie rappelant les caractéristiques générales d'*A. variegatum*. Dans la deuxième partie, sont exposés les méthodes suivies et les résultats. La discussion des résultats constitue la troisième partie de ce document qui se termine par la conclusion.

PREMIÈRE PARTIE :
RAPPELS SUR LES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES
D'AMBLYOMMA VARIEGATUM

I. RAPPELS SUR LES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'*AMBLYOMMA VARIEGATUM*

I.1. QUELQUES MOTS DE VOCABULAIRES

I.1.1. Définition de la « tique »

D'après le dictionnaire des sciences animales du CIRAD le mot « **Tique** » se dit *Ixodida* en Latin, **Tick** en Anglais, et se définit comme Taxon d'acariens (Acari), Parasitiformes, parasites externes visibles à l'œil nu qui sucent le sang de leurs hôtes, sont métastigmatiques (leur orifice stigmatique est postérieur, situé après la 4^{ème} paire de pattes), et dont le rostre comprend un hypostome avec des dents rétrogrades permettant de perforer la peau [12]. D'autres définitions disent que les tiques sont des acariens ectoparasites de vertébrés [13] notamment les ruminants, le chien et parfois l'homme, auxquels elles sucent le sang et peuvent transmettre diverses maladies [14].

I.1.2. Synonymie

Tique = « Ticks » en Anglais, « kongona » en Malgache. *Amblyomma variegatum*, l'espèce de tique faisant l'objet de notre étude, possède différentes appellations : « Tique sénégalaise » [12] dans les Antilles françaises (Guadeloupe, Martinique) en raison de son origine probable ; en Malgache, elle a comme nom vernaculaire « **Kongo-mara** » ou « **Kongo-pisaka** » à la différence de *Rh. (B) microplus* qui s'appelle « **Kongona tsotra** » ou « **kongon'akoho** ».

I.2. CLASSIFICATION D'*A. VARIEGATUM*

Comme toutes les tiques, *Amblyomma variegatum* est classé dans l'embranchement des arthropodes, dans la classe des arachnides, sous-classe des acariens [6, 15, 16, 17, 18], et dans l'ordre des *Ixodida* Leach, 1815 [18]. Les tiques sont séparées en 3 familles, constituées par les *Nuttalliellidae* Schulze, 1937 qui n'a qu'une seule espèce, *Nuttalliella namaqua* [16, 17, 19, 20], les *Argasidae* Koch, 1844 connus aussi sous le nom des « tiques molles » [6, 17, 18], toutes les deux faisant partie respectivement de sous-ordre des *Nuttalliellina* Camicas, Hervy, Adam et Morel, 1998 et des *Argasina* Murray, 1877.

La dernière famille qui s'appelle *Ixodidae* Koch, 1844 ou « tiques dures » [6, 17, 18] appartient au sous-ordre des *Ixodina* Murray, 1877. C'est dans cette famille qu'est inclus *Amblyomma variegatum*. Actuellement, il y a 893 espèces de tiques dans le monde, réparties dans les trois familles : 702 espèces d'*Ixodidae*, 193 espèces d'*Argasidae* (mais leur classification en genre est en cours de discussion) et une seule espèce de *Nuttalliellidae* [16].

I.3. MORPHOLOGIE

I.3.1. Morphologie générale des tiques

Les acariens dans leur ensemble, dont les tiques font partie, possèdent des traits communs qui les différencient des autres arachnides [20]. Ils possèdent ainsi un corps globuleux où il n'y a pas de distinction exacte entre les parties antérieure et postérieure mais où le capitulum (ou gnathosoma) est bien différencié du reste du corps (idiosoma) [20, 21]. En plus, ils sont caractérisés par l'absence de poumons et de l'existence de six paires d'appendices qui sont les chélicères, les pédipalpes et 4 paires d'appendices locomoteurs [20].

Les tiques présentent aussi certaines caractéristiques particulières qui les distinguent des autres acariens telles que l'existence d'un rostre dont elles se servent pour se fixer sur l'hôte, d'un organe chémorécepteur (organe de Haller) qui se trouve dans une capsule du dernier article de la première paire de patte et d'une cuticule souple recouvrant toutes les parties de leur corps mais permettant à l'idiosoma de se dilater après le repas de sang [21].

Par ailleurs, les tiques sont d'une taille beaucoup plus grande que les autres acariens. En effet, les adultes gorgés peuvent mesurer jusqu'à 25 mm de longueur et peser jusqu'à 4 g (par exemple, une femelle gorgée d'*A. variegatum* [7]).

I.3.2. Morphologie d'*A. variegatum*

Etant une espèce qui fait partie des *Ixodina*, *A. variegatum* montre au cours de son développement quatre morphologies distinctes correspondant à trois stases évolutives séparées par deux métamorphoses vraies [6] : la stase 1 correspond à la larve

(préimago1), la stase 2 est la nymphe (préimago 2) et la stase 3 englobe les adultes mâles et femelles (imagos) [20]. Chez toutes les stases, comme pour tout *Ixodina*, le capitulum est constitué par les pédipalpes, les chélicères et le rostre (voir plus loin pour le détail).

Sur la face ventrale de l'idiosoma, on observe l'anus (sur la partie médiane), les coxae (ou hanches) où sont insérées les pattes à cinq articles, et le pore génital. La face dorsale est constituée par le scutum (partie sclérifiée) sur lequel se trouvent les ocelles situées en avant et latéralement [6]. La **figure 1** représente la morphologie d'*A. variegatum*.

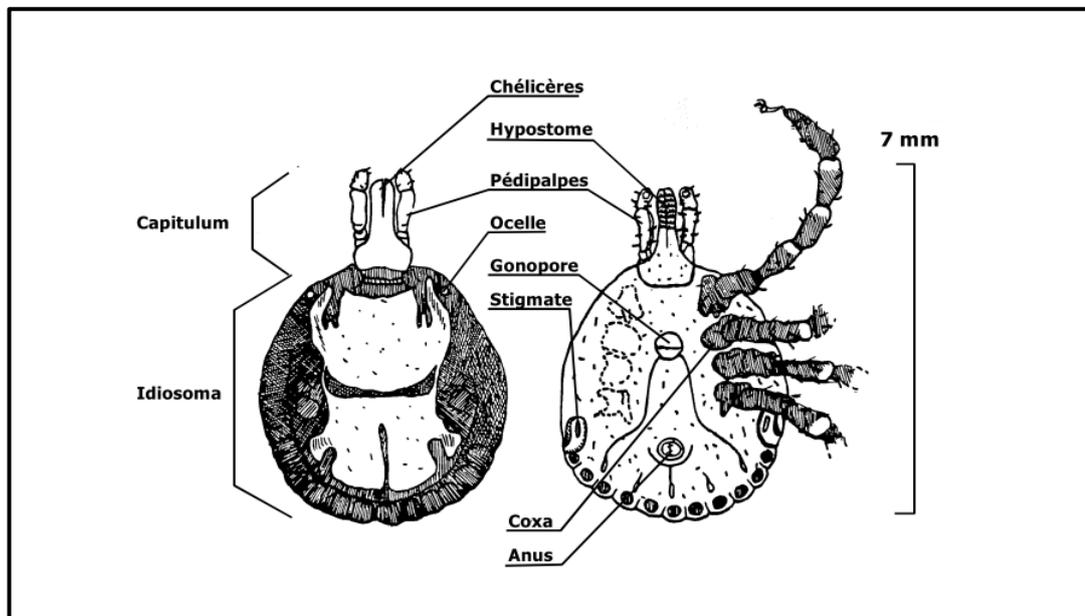


Figure 1 : *Amblyomma variegatum* mâle [6]

Les adultes *Amblyomma* se distinguent de ceux des autres genres d'*Ixodidae* par : le scutum orné de tâches émaillées ; les soies sur la face ventrale des pédipalpes peu nombreuses et espacées ; les épines de la coxa I courtes ou de taille moyenne ; les ocelles ordinairement plats et parfois hémisphériques. Chez les mâles, le tégument ventral ne présente pas de plaques paires de sclérifications entre les sillons ventraux mais parfois, des sclérifications sont présentes sur la partie terminale des sillons ventraux, paramédio-ventraux et médio-ventraux [20, 21].

Par rapport aux autres espèces d'*Amblyomma*, *A. variegatum* est caractérisé par : ses yeux convexes bien distincts [22, 23, 24] et les festons bien développés mais ne présentant pas d'écailles comme chez d'autres *Amblyomma* [24].

I.3.2.1. Morphologie des adultes

Les imagos d'*A. variegatum* présentent des structures que les immatures ne possèdent pas. Les adultes sont multicolores, le scutum présentant des plaques émaillées ornementées, colorées de jaune à orangé, et les pattes sont colorées en blanc et marron foncé, tandis qu'une seule couleur est observable chez les immatures qui sont soit gris, soit noir, soit brun foncé.

D'ailleurs, la présence des plaques émaillées permet de différencier le genre *Amblyomma* des autres genres de tique. Quant au scutum, c'est la principale structure caractérisant le dimorphisme sexuel chez les tiques [6]. On trouve aussi chez les imagos l'appareil génital (gonopore) qui se situe antérieurement et médialement par rapport à l'anus, et les stigmates insérés dans la partie postérieure et latérale de l'idiosoma au niveau de la quatrième et dernière paire de pattes [6].

Les mâles d'*A. variegatum*, qui sont plus colorés que les femelles grâce au fait que le scutum est plus grand, sont jaune et orange, cette couleur ne subissant pas de modification après le repas sanguin. Ils sont un peu plus petits que les femelles. Comme toute la face dorsale est occupée par le scutum qui permet la dilatation dorso-ventrale mais bloque l'allongement du corps, l'augmentation de la taille après le gorgement n'est pas très remarquable au contraire de ce qui est vu chez les femelles [6] (voir **Figure 2**).

I.3.2.2. Morphologie des immatures

La couleur des nymphes varie de brun foncé à gris ou gris foncé lorsqu'elles passent de l'état à jeun à l'état gorgé, alors que simultanément leur taille passe de 1-2 mm à 5-6 mm et leur poids de moins de 1mg à 50-80 mg [6]. Donc, la taille des nymphes est plus petite que celle des adultes, de plus le gonopore et les aires poreuses sont absentes chez elles. Leur scutum court et triangulaire comme celui de la femelle est prolongé par un tégument dilatable (voir **Figure 3**).

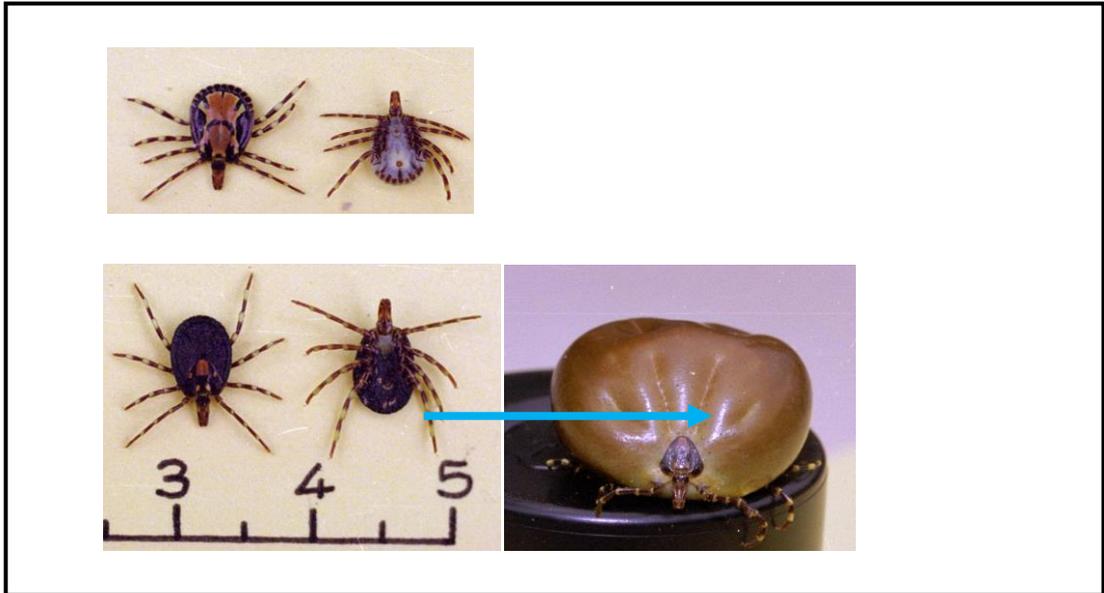


Figure 2 : *A. variegatum* mâles (en haut), femelles à jeun (en bas à gauche) et gorgées (en bas à droite) [6]



Figure 3 : Nymphes à jeun et gorgées d'*A. variegatum* [6]

La larve a une morphologie assez semblable à celle de la nymphe sans pour autant que leurs tailles soient les mêmes car elle est plus petite que la nymphe. Ainsi, au début de la fixation, sa taille est de 0,5 mm et augmente à 2 à 3 mm au moment où elle tombe au sol. Elle pèse alors 2,8 mg environ [7]. A la différence des autres stases qui possèdent quatre paires de pattes et des stigmates, la larve n'a que trois paires de pattes et ne possède pas de stigmates (voir **Figure 4**).

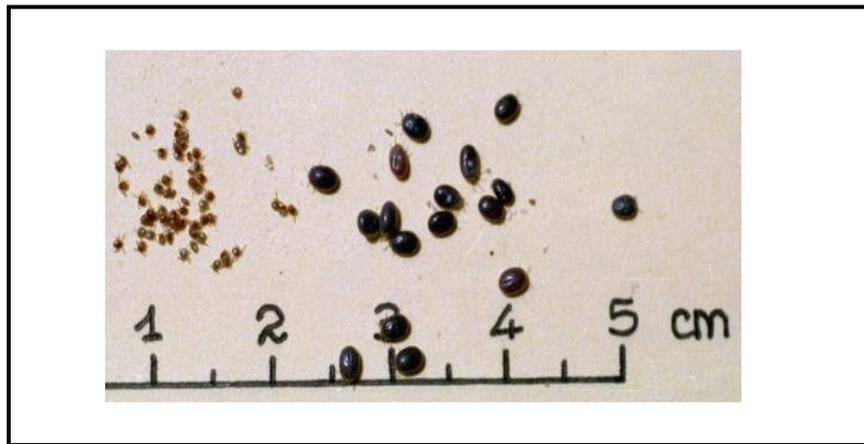


Figure 4 : Larves à jeun et gorgées d'*A. variegatum* [6]

I.4. Anatomie

Toutes les tiques ont une anatomie proche à l'exception de quelques structures.

I.4.1. Anatomie externe

- Cuticule (ou exosquelette)

La cuticule est constituée par les éléments suivants : ponctuations (ou pores), diverses couches formées par l'épicuticule (sclérotine imperméable à l'eau), l'exocuticule (protéines + chitine + mélanine), l'endocuticule (protéines flexibles) et l'épiderme. Chez les *Ixodina* (dont fait partie *A. variegatum*), par opposition aux *Argasina* (tégument souple non sclérifié), cette cuticule est sclérifiée au niveau du capitulum, du scutum et des plaques ventrales (chez les mâles) d'où leurs noms respectifs de « **Tiques dures** » et « **Tiques molles** » [25].

Il est à noter que chez les larves, l'épicuticule est la seule couche existante, ce qui réduit vraisemblablement la résistance de cette stase dans les conditions défavorables de la saison sèche marquée par de fortes chaleurs et de sécheresse au niveau du sol [21]. Mais, elle permet le passage de l'air, ce qui explique l'absence de stigmates chez cette stase. La cuticule a pour rôle de soutenir et de protéger les organes, permettre le gorgement par sa distension au cours du repas sanguin, réguler l'équilibre hydrique, et protéger la tique contre la dessiccation.

- Pattes

Les pattes sont fixées à l'idiosoma au niveau des coxae et sont formées par la combinaison de plusieurs articles qui sont successivement le trochanter, le fémur, la patella, le tibia, le tarse sur lequel sont fixées la pulville et les griffes [25] (**Figure 5**).

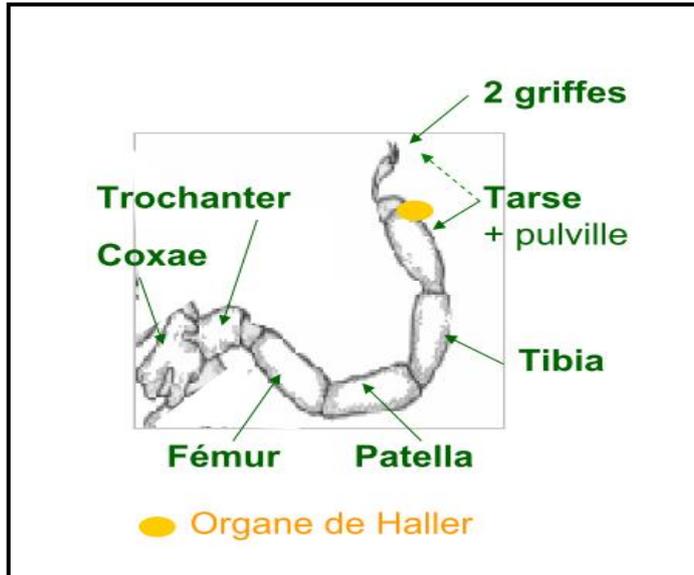


Figure 5 : Première paire de pattes de tique

- Capitulum (ou gnathosoma)

Il forme la partie antérieure de la tique. S'y insèrent les pièces buccales formées par l'association de l'hypostome au niveau de la face ventrale et des chélicères au niveau de la face dorsale. Ces derniers agissent en perçant et en dilacérant la peau. Toujours sur le capitulum, il y a les pédipalpes formés par plusieurs articles et qui sont des organes sensoriels [25]. Comme chez certaines espèces, l'article II des pédipalpes d'*A. variegatum* est plus long que large [20, 22, 23, 24] et le rostre (ou l'hypostome) est aussi bien très allongé que vigoureux, le rendant difficile à enlever lorsqu'il est fixé sur l'hôte [22, 23, 24].

I.4.2. Anatomie interne

Elle est constituée de plusieurs appareils et organes.

- **Appareil digestif**

Il est formé par l'association du pharynx aspirant (qui assure la succion sanguine et l'émission salivaire), de l'œsophage, de l'estomac suivis des caecums où se déroule la digestion par dégradation de l'hémoglobine, hydrolyse des protéines, fragmentation des cellules et extraction d'eau, de l'intestin et du sac rectal [21, 25]. On note aussi des glandes salivaires en grappes (ou acini) qui occupent 2/3 du corps de la tique.

- **Appareil excréteur**

Il est constitué par les tubes de Malpighi qui sont des organes excréteurs en paire qui s'enroulent autour des organes et qui collectent les produits nitrogénés (mélanine et guanine) émis dans l'hémolymphe par les différents organes, pour les évacuer vers le sac rectal.

- **Appareil respiratoire**

Chez les adultes et les nymphes, la respiration est assurée par un système ramifié formé par de fines trachéoles amenant l'air au contact des organes. Ces trachéoles se réunissent en deux trachées principales, une droite et une gauche, qui débouchent au niveau des stigmates. Ces derniers sont entourés d'une plaque stigmatique et se situent derrière les coxae IV. La respiration chez les larves se fait au travers du tégument du fait de l'absence chez cette stase des stigmates et de l'appareil respiratoire interne [21].

- **Appareil circulatoire**

Chez la tique, la circulation s'effectue par l'intermédiaire d'un cœur pulsatile allongé dorsal permettant la mise en mouvement de l'hémolymphe dans l'hémocèle. L'hémolymphe permet en partie l'oxygénation des organes, mais assure surtout le soutien des tissus internes, maintient la pression osmotique, transporte les hormones et les métabolites et constitue la principale réserve hydrique [21].

- **Organes sensoriels**

Ils sont de plusieurs types :

→ Organes chémorécepteurs : formés par l'organe de Haller situé sur le tarse 1 (voir **Figure 5**) et les palpes : ils sont sensibles aux allomones (réactions de défense), aux kairomones (recherche de l'hôte) et aux phéromones (communication intraspécifique) qui peuvent être soit des phéromones sexuelles (pour le rapprochement sexuel), des phéromones de rassemblement (pour la survie de l'espèce) ou des phéromones d'attraction-agrégation et fixation sur l'hôte (pour la fixation de plusieurs individus sur un même site de prédilection, phénomène observé chez *A. variegatum*). C'est surtout l'organe de Haller qui est sensible à l'émission de gaz carbonique, dont la détection est utilisée pendant la recherche de l'hôte [25].

→ Organes mécanorécepteurs : constitués par les soies des palpes et la pulville : ils sont sensibles au contact avec le substrat, aux vibrations, aux mouvements d'air au cours de la recherche de l'hôte, mais certaines soies sont également chémoréceptrices, nécessaires pour les fonctions gustative et olfactive [25].

→ Yeux (ou ocelles) : sensibles aux variations de lumière, ils sont indispensables pendant la quête de l'hôte et pour éviter les prédateurs [25].

- **Appareil reproducteur**

Chez le mâle, il est constitué par deux testicules tubulaires latéraux, des canaux déférents, une vésicule séminale et un canal éjaculateur [21, 25]. Et chez la femelle, l'appareil génital est formé par un ovaire postérieur, l'oviducte, les glandes accessoires et le vagin [21, 25].

- **Système nerveux**

Il est concentré en une masse ganglionnaire ou ganglion cérébroïde (= synganglion), traversé par l'œsophage, d'où la formation de deux parties. L'une, la partie pré-œsophagienne constituée par les zones du ganglion innervant les chélicères, les palpes, les glandes salivaires, les ocelles et l'autre, la partie post-œsophagienne formée par les régions du ganglion qui innervent les 4 paires de pattes [21].

A part ce ganglion, il y a le nerf œsophagien ou pharyngien unique, le nerf stomacal unique, les nerfs latéraux de l'organe de Haller et les nerfs périphériques postérieurs des muscles et des organes sensoriels [25].

I.5. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE D'A. *VARIEGATUM*

I.5.1. Généralités sur les tiques

Les cycles des tiques sont caractérisés d'une part par le nombre d'hôtes qu'infestent les différentes stases de l'espèce donnée, et d'autre part par leur préférence trophique (hôtes à parasiter). On a ainsi le cycle monophasique (ou monoxène) caractérisé par la présence sur un seul hôte de toutes les stases, de la larve aux adultes. Il n'y a donc pas de chute au sol au moment des métamorphoses (larvaire et nymphale) qui ont lieu sur l'animal. Les tiques présentant ce cycle sont *Rh. (B) microplus* (ou *B. microplus*) ainsi que les autres espèces appartenant au genre *Boophilus*, désormais caduque, le genre *Anocentor*, etc.

Un autre type, appelé cycle diphasique (ou dixène), se caractérise par l'évolution des trois stases sur deux hôtes individuellement différents, c'est-à-dire que la métamorphose larvaire ne s'effectue pas à terre mais sur l'hôte. Comme exemple, on peut citer *H. marginatum* ou *Rh. bursa*. Et enfin, il y a le cycle triphasique (ou trixène) au cours duquel la tique doit se fixer sur trois hôtes distincts. Au cours du cycle, on aura ainsi trois phases parasitaires séparées par deux phases à terre au cours desquelles auront lieu les métamorphoses. Ce cycle est considéré comme le plus primitif, il est celui de la plupart des espèces de tiques.

A part ces trois cycles, il y a aussi le cycle polyphasique (ou polyxène) caractérisé par la fixation des nymphes (ou préadultes) et des adultes sur plusieurs hôtes différents pour effectuer plusieurs repas. En fait, après la mue larvaire, il y a succession de nombreux préadultes qui subissent des mues simples (non des pupaisons) pour enfin donner des adultes. Ce type de cycle concerne les tiques molles (comme les *Argas*, les *Ornithodoros*, les *Alectorobius*, etc.).

On peut d'autre part décrire des cycles monotropes dont les immatures et les adultes partagent le même tropisme d'hôtes (exemples : *Rh. evertsi*, *Rh. (B) microplus*, ...); des cycles ditropes au cours desquels les immatures manifestent une préférence d'hôtes envers les petits mammifères, les oiseaux, les reptiles tandis que les adultes n'infestent que les grands mammifères (exemples : la majorité des espèces des genres

Rhipicephalus, *Dermacentor* et *Hyalomma*) ; et en dernier lieu, des cycles télotropes caractérisés par l'ubiquité de tropisme des préimagos (aucune préférence particulière) alors que les grands mammifères sont les hôtes préférentiels des adultes [21].

I.5.2. Spécificités biologique et écologique d'*A. variegatum*

A. variegatum est une tique à cycle trixène dont chacune des stases doit trouver un hôte propre pour effectuer son gorgement. Cela se traduit par trois phases au sol au cours desquelles ont lieu les métamorphoses (larvaire et nymphale) et la ponte, qui se déroulent chacune après un repas sanguin [6] (voir **Figure 6**).

Ainsi, *A. variegatum*, comme les autres tiques trixènes, a un risque accru de ne pas accomplir son cycle par comparaison avec des espèces ayant d'autres types de cycle, en particulier celles qui sont à cycle monoxène. En effet, il est exposé trois fois à la phase la plus dangereuse pour la vie de la tique, la phase libre, qui commence à partir de son détachement, se poursuit par la recherche d'un lieu favorable où effectuer ponte ou métamorphose, et enfin se termine par la quête d'un hôte sur lequel effectuer le repas sanguin.

Du fait de la différence de tropisme manifesté par les immatures qui infestent n'importe quel vertébré disponible dans la nature et les adultes qui sont des parasites presque exclusifs des grands mammifères [26, 27], le cycle d'*A. variegatum* est dit télotrope. Cependant, Morel a observé que la majorité de toutes les stases de cette espèce se gorge sur les ongulés ou plus précisément, sur les ruminants domestiques [21]. Il estimait donc que son cycle est à tendance monotrope. *A. variegatum* est enfin une tique exophile car son habitat est constitué par des milieux ouverts et herbacés [7].

I.5.3. Cycle évolutif d'*A. variegatum*

I.5.3.1. Traits communs à toutes les stases

Comme chez toutes les tiques, le cycle d'*A. variegatum* passe par deux phases (parasitaire et non parasitaire ou libre). Pendant le gorgement, les diverses stases (sauf le mâle) subissent de nombreuses modifications, augmentation de taille et volume,

changement de forme et couleur, qui interviennent surtout durant les dernières vingt-quatre heures précédant leur détachement [7].

Après le repas sanguin, les tiques détachées de l'hôte pour tomber au sol vont se mouvoir sur une très faible distance, estimée à 50 cm en moyenne et à moins de deux mètres au maximum pour les femelles gorgées [7], dans le but de trouver un endroit favorable pour la ponte ou la métamorphose. Le site choisi doit permettre de protéger les tiques et les œufs contre les effets néfastes des rayonnements solaires entraînant leur dessiccation pouvant mener à leur mort. Ainsi, les endroits privilégiés par cette tique pour pondre ou se métamorphoser sont constitués généralement par les touffes d'herbe, la base d'un caillou, les anfractuosités du sol... [7, 6, 21].

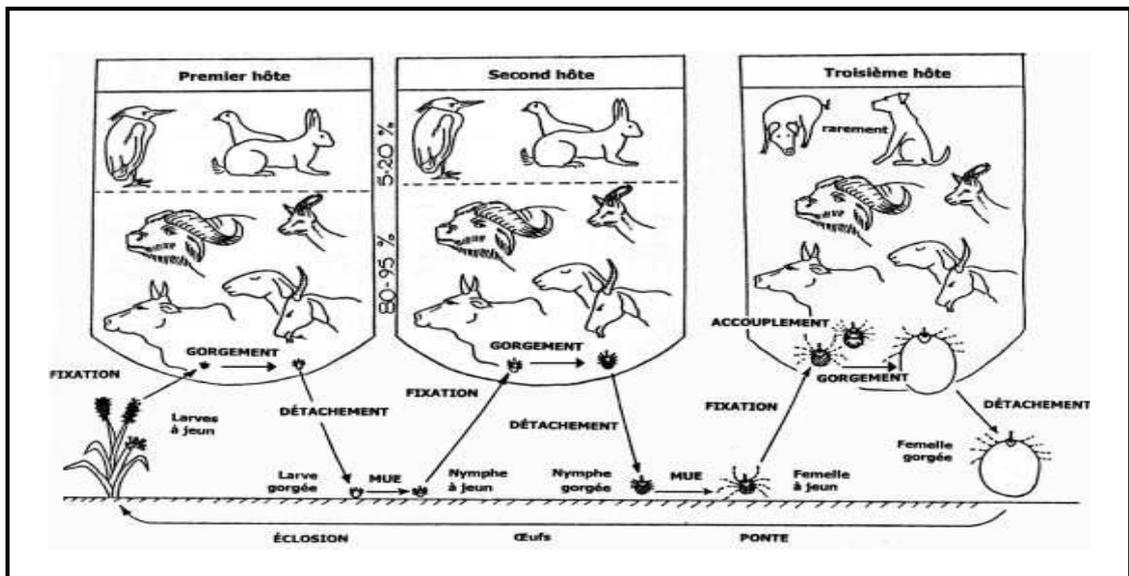


Figure 6 : Cycle biologique d'*A. variegatum* [6]

Avant de s'engager dans la recherche de l'hôte, les tiques issues de l'exuvie (pupaison) ou de l'œuf (éclosion), doivent prendre quelques jours pour durcir, éliminer l'excédent d'eau [6, 7] et acquérir la sensibilité aux divers stimuli tels que les chocs, les vibrations, les odeurs, etc. [6].

L'existence d'une humidité relative trop basse dans le micro-habitat choisi diminue la survie de toutes les stases d'*A. variegatum* [21, 28]. En revanche, la vitesse de développement est modulée par la température qui accélère métamorphoses et incubation [6, 21, 28].

I.5.3.2. Phase parasitaire

Cette phase commence à partir de la fixation de la tique et dure jusqu'à son détachement de l'animal hôte pour continuer le cycle. Elle est très courte, ne dure qu'une vingtaine de jours au plus pour les trois stases, soit l'équivalent de 6% de la totalité du cycle [6]. Mais, cette phase est la plus nocive pour la vie des hôtes [7]. En effet c'est durant cette phase que la tique manifeste tous ses pouvoirs pathogènes par son action spoliatrice et vulnérante, provoquant des affections directes (blessures, inflammation, ...) et indirectes (transmission ou favorisation des maladies) chez les animaux parasités.

a. Hôtes préférentiels et sites de prédilection d'*A. variegatum*

Les immatures (larves et nymphes) sont ubiquistes, infestant presque tous les vertébrés terrestres tels que les oiseaux, les reptiles, les ruminants (petits ou grands), le chien, etc., même l'homme [26, 27]. Chez les oiseaux, les immatures se localisent préférentiellement sur la tête, le cou et les membres tandis que chez les mangoustes, par exemple, ils se fixent essentiellement sur les membres et la queue malgré la répartition assez uniforme chez cet hôte [29].

D'après ces auteurs, les oreilles constituent les sites de fixation préférentiels des larves chez les mammifères de moyenne à grande taille comme le caprin et le chien, mais chez ce dernier, le membre aussi peut être infesté. D'ailleurs, Stachurski a observé que les larves se localisent électivement sur la tête ou plus exactement, les oreilles des ruminants (petits ou grands), sans pour autant dire que leur cou et leurs membres ne sont pas infestés [6].

Les nymphes n'ont pas de localisation préférentielle particulière chez les mangoustes ou les chiens. Cependant, chez les chèvres, les oreilles et les membres sont leurs zones de prédilection [29]. D'après Stachurski, les nymphes et les adultes ont des zones de fixation préférentielles assez identiques chez les ruminants, qui sont les parties inférieures du corps (depuis la mamelle jusqu'au poitrail, mais surtout les aisselles et la région inguinale) [6]. Il pensait aussi que les onglons (plus précisément la peau au-dessus ou entre les onglons) sont des localisations régulières des nymphes.

Les adultes ont un tropisme d'hôtes orienté essentiellement vers les animaux de moyenne et de grande taille. Barré pensait d'ailleurs que les vertébrés qui n'ont pas une taille supérieure à celle du chien n'hébergent que très rarement cette stase [7]. Tous les ruminants (sauvages et domestiques), les chevaux, les ânes et les porcs peuvent héberger les imagos d'*A. variegatum* [27]. Parmi ces hôtes, les bovins constituent actuellement les hôtes majeurs des adultes [6, 7, 27, 29].

Mais, cela ne signifie pas pour autant qu'*A. variegatum* soit une tique du bétail, car les bovins ne remplacent (partiellement ou totalement) que depuis très peu de temps les ruminants sauvages, hôtes d'origine d'*A. variegatum* dans les zones de savanes [21]. Par ailleurs, l'importance de l'infestation des hôtes par les imagos est influencée par leur format (ceux de petit format sont moins parasités), reflétant l'intensité des stimuli (gaz carbonique) émis au moment de leur envahissement par la phase non parasitaire.

En ce qui concerne leur localisation sur leurs hôtes, les adultes se fixent électivement sur les parties déclives [6, 29] qui sont principalement constituées par la région inguinale (scrotum ou mamelle) et la région axillaire (poitrail et aisselles). D'après ses observations, Stachurski estimait qu'autour de 90% des *A. variegatum* adultes se retrouvaient sur ces deux régions [6].

Par ailleurs, à l'exception de la tête, du cou, des flancs, du dos et des pieds qui sont toujours faiblement parasités, il a observé que le fanon, le ventre, les pattes et l'anus peuvent être massivement infestés dans certaines occasions, conséquence de la fixation préalable de mâles pionniers qui y attirent les autres tiques.

Une question pourrait se poser : **pourquoi les tiques se dirigent-elles préférentiellement vers telle ou telle zone de fixation ?** Pour Hart et Norval *et al.*, les zones déclives ont été sélectionnées car à ces niveaux les tiques risquent moins d'être arrachées par les animaux par toilettage [31, 32]. Barré *et al.* pensaient que dans les parties déclives les tiques sont à l'abri du soleil, la peau est fine et bien vascularisée, l'envahissement de l'hôte est facilité (accessible et proche du sol) [29]. Et Stachurski observait que dans ces sites, la vitesse de gorgement d'*A. variegatum* est accélérée [6].

b. Déroulement de la phase parasitaire

La fixation des adultes d'*A. variegatum* (mâles et surtout femelles) sur les sites de prédilection est modulée par des phéromones d'attraction-agrégation-fixation sécrétées par les mâles quelques jours après leur fixation. La sécrétion de ces phéromones est une particularité biologique commune à certains mâles d'*Amblyomma*, comme *A. hebraeum*, *A. gemma*, *A. eburneum*,... [33, 34].

Suivant les auteurs, la durée moyenne de gorgement des femelles est variable : Camicas & Cornet l'ont estimée à 10-12 jours [26], Barré à 9,8 jours [7], et selon le modèle de Yonow, qui a utilisé les données de plusieurs auteurs, elle est de 12,7 jours [35]. Enfin, Stachurski mentionnait deux valeurs en fonction des zones de fixation (parties déclives) qu'il a divisée en deux : au niveau des sites dits « secondaires » (fanon ou ventre), les femelles se gorgeaient à une vitesse très lente, la durée de gorgement étant estimée à 12-15 jours, tandis que sur les sites appelés « principaux » (aisselles ou mamelles), la moyenne calculée était de seulement 8-10 jours [6].

En outre, les femelles ont besoin des mâles, non seulement pour les orienter vers les sites définitifs de fixation par les phéromones, mais aussi pour le bon déroulement de leur gorgement. En fait, sans mâle pour la féconder, une femelle qui a déjà entamé son gorgement ne peut l'achever [21]. D'ailleurs, Norval *et al.* indiquaient que la fixation définitive de la femelle nécessite l'étreinte par les mâles [36]. Les femelles se détachent préférentiellement de leurs hôtes en milieu de journée (entre 8 et 14 heures) [37].

Quant aux mâles, Barré écrivait que leur durée de fixation est limitée seulement par leur durée de vie et qu'après 80 jours de fixation la moitié de ces tiques était encore observée sur l'hôte [7]. De plus, il a été mentionné que l'espérance de vie maximale d'un mâle est d'environ 6 à 8 mois [7, 38] ; durant cette période, il est capable de féconder plusieurs femelles [6, 21].

La durée de gorgement des nymphes a été étudiée par plusieurs auteurs et les valeurs qu'ils ont trouvées sont assez comparables. Pour Barré, il y avait deux valeurs moyennes en fonction de la période d'installation, 6 jours (pour les nymphes installées

le matin) et 6,3 jours (pour celles mises le soir) [7]. La modélisation de Yonow a évalué cette durée à 6,5 jours en moyenne [35] et l'étude de Stachurski a donné une moyenne de 6,2 jours [6].

Cependant, la période de détachement observée par Stachurski au Burkina Faso et par Barré en Guadeloupe et celle notée sont très différentes [6, 7]. En Guadeloupe, il a été observé que les nymphes sont principalement tombées dans la matinée (entre 8 et 12 heures). A Bobo-Dioulasso (au Burkina), on a constaté que les nymphes se détachent surtout de leurs hôtes vers l'après-midi (entre 14h 30 et 17 h 00).

Les larves se gorgent moins vite que les nymphes, leur durée de gorgement ayant été estimée à 7-8 jours par Barré [7]. Concernant la cinétique de leur détachement, il a été observé que la moitié d'entre elles tombe entre 10 h 00 et midi, en Guadeloupe [7]. Par contre, Stachurski écrivait après une étude moins précise sur ce sujet qu'il récoltait beaucoup plus de larves dans l'après-midi que tôt le matin ou vers midi [6]. D'ailleurs, son résultat est identique à celui de Rechav qui avait aussi mentionné un pic de détachement des larves d'*A. hebraeum*, une espèce très proche d'*A. variegatum*, dans l'après-midi [39].

c. Facteurs influençant la phase parasitaire

Certains facteurs intrinsèques propres à la tique et certaines caractéristiques de l'hôte sont suspectés d'influencer la phase parasitaire. En revanche, les facteurs climatiques extérieurs (luminosité, température et humidité relative) jouent peu sur cette phase. Parmi les facteurs intrinsèques, il faut rappeler que les femelles sans mâles ne parviennent pas à se fixer sur leurs sites de prédilection [33], ou ne peuvent achever leur gorgement complet [21]. L'influence de l'hôte se manifeste par le format, comme l'ont indiqué Meltzer chez le bovin [30] et Stachurski chez les moutons Djallonké [6] : les animaux de petite taille hébergent moins de tiques, surtout la stase imago.

Certains auteurs pensent que la race des animaux influe sur l'infestation par *A. variegatum*. Ainsi, Achukwi *et al.* rapportaient que les bovins Namchi manifestaient une résistance naturelle vis-à-vis d'*A. variegatum* après avoir observé au Cameroun que ces animaux sont moins attractifs pour les adultes de cette espèce que les zébus Goudali

Ngaoundéré [40]. Par ailleurs, il a été mis en évidence au Ghana et en Gambie que le Ndama résiste naturellement à l'infestation par *A. variegatum* par comparaison au zébu Gobra [41] et aux races exotiques [42].

I.5.3.3. Phase non parasitaire

La chute de la tique après le gorgement marque le début de la phase libre qui prend fin une fois que la tique issue de son exuvie a trouvé un hôte pour se fixer. Alors que la phase parasitaire est la plus néfaste pour la vie des hôtes, la phase libre est la plus dangereuse pour celle de la tique. C'est la phase la plus longue, occupant presque la totalité du cycle, (94% selon Stachurski [6] et 98% d'après Barré [7]).

a. Déroulement de la phase non-parasitaire

▪ Chez les adultes

Le mâle, après sa longue fixation sur l'hôte, va mourir, alors que la femelle va pondre à l'endroit qu'elle a choisi et aménagé, près du lieu où elle est tombée, faisant comme une sorte de nid concave [7]. Une dizaine de jours après sa chute, la femelle commence sa période d'oviposition qui dure environ de 25 à 40 jours [7]. Des sécrétions imperméables produites par la glande de Géné et assurant une protection contre la dessiccation sont ajoutées aux œufs qui sont accumulés par la femelle devant elle [21].

Après la ponte, il a été estimé à 55 % la perte de poids de la femelle gorgée, ce qui correspond au poids total des œufs produits. C'est l'équivalent de 15.000 à 20.000 œufs environ pour une ponte effectuée dans des conditions climatiques favorables [7]. Dans sa vie, une femelle de tique dure n'effectue qu'une seule ponte à la suite de laquelle elle meurt [6,7, 21].

Les adultes en attente d'hôtes vont se retrouver dans les micro-habitats choisis par les nymphes pour leur métamorphose. Il s'agit principalement de touffes d'herbes ou du collet de leurs racines, mais aussi des débris végétaux jonchant le sol, surtout après les pluies [6]. Cet auteur a observé que, dans leur habitat, la répartition des adultes est très hétérogène, comme celle des nymphes dont ils proviennent. Ils sont ainsi nombreux aux endroits où les bovins ont disséminé des nymphes gorgées. L'auteur en conclut que la

distribution des adultes d'*A. variegatum* est influencée par le comportement des hôtes de la stase précédente, tel que cela avait été observé par Minshull & Norval [43] et Barnard [44] chez d'autres tiques.

En Guadeloupe, Barré signalait une faible activité des *A. variegatum* adultes pendant la nuit [7]. Stachurski au Burkina Faso puis Punyua & Hassan au Kenya, n'ont observé aucune période d'inactivité de cette stase durant la journée [6, 45]. Stachurski pensait ainsi que ces tiques peuvent infester les animaux à n'importe quelle heure de la journée, y compris donc évidemment, pendant toute la durée de gagnage de ces derniers. La durée de survie maximale des *A. variegatum* adultes dans les conditions naturelles était évaluée à 22 mois par Voutoulou [46] et 23 mois par Barré, dans un milieu favorable, c'est à dire un endroit à l'ombre [7].

Aussi bien chez *A. variegatum* que chez *Rh. appendiculatus*, les adultes issus de la métamorphose nymphale, si celle-ci se déroule en saison sèche, ne s'engagent pas immédiatement dans la recherche d'hôte mais vont entrer dans une diapause comportementale durant quelques mois [28, 43, 47].

En ce qui concerne les *A. variegatum* adultes, leur inactivité durant la saison sèche et leur faible activité au début de la saison des pluies ont été confirmés par Stachurski au Burkina Faso [6]. Il a conclu que le facteur principal levant leur état de quiescence est l'arrivée des pluies qui permet une augmentation de l'humidité relative au niveau du sol. Cette conclusion a été obtenue par la confrontation des données de cet auteur et du modèle de saisonnalité établi par Short & Norval chez les *Rh. appendiculatus* adultes [48].

Diverses hypothèses ont été émises selon les auteurs à propos des stimuli induisant l'attraction des tiques en quête d'hôtes au pâturage. Ainsi, Andrew Norval, un auteur qui a fait de nombreuses études sur deux des principales tiques africaines, *A. variegatum* et *A. hebraeum*, estimait que les tiques à jeun ne pouvaient pas localiser les animaux non infestés préalablement par les mâles producteurs des phéromones [49, 50, 51]. Il pensait en effet que le gaz carbonique, un stimulus d'activation des tiques libres en quête d'hôtes, était insuffisant pour permettre à ces dernières de s'orienter vers les animaux. Il le qualifiait de stimulus non-directionnel [49, 38].

Maranga *et al.* estimaient également que le gaz carbonique seul ne permet pas d'attirer les adultes d'*A. variegatum* au pâturage vers leurs hôtes pour les envahir [52]. Par opposition à cette vision, Barré *et al.* avaient observé sur le pâturage en Guadeloupe que le gaz carbonique seul est capable d'attirer toutes les stases d'*A. variegatum* [53]. Une autre expérience menée plus tard a montré que les *A. variegatum*, au moins les mâles, sont aptes non seulement à infester les bovins infestés mais aussi les bovins non infestés [54].

Pourtant, une étude comparative des phéromones des mâles d'*A. variegatum* provenant de divers pays du monde (îles des Caraïbes et pays africains) a montré qu'il n'y avait aucune différence significative dans leur composition, pas plus que dans les réponses biologiques des tiques aux extraits des différentes phéromones [55].

Ces hypothèses de Barré *et al.* [54] ont été corroborées par celles de Stachurski qui avait observé à plusieurs reprises cette attirance dans ses expérimentations et écrivait que : "**les bovins, qu'ils soient infestés ou non, attirent les tiques disséminées sur le pâturage, mâles comme femelles**" [6]. Il pensait en effet que les animaux, en émettant du gaz carbonique, en provoquant l'ébranlement du sol (les vibrations sont ressenties par les tiques), et en étant repérés visuellement par les parasites [44], peuvent activer les tiques *A. variegatum* et les attirer vers eux.

Pour trouver leurs hôtes, les adultes d'*A. variegatum* peuvent parcourir jusqu'à 10-15 m de distance [6, 56]. Les stimuli émis par les hôtes sont perçus par les tiques grâce à l'organe de Haller [33, 57]. Cette perception dépend de la vitesse de la circulation de l'air régulant par la suite la vitesse de la marche des tiques en quête de leurs hôtes [58]. Les tiques observent des arrêts fréquents, lèvent leur première paire de patte (place de l'organe de Haller), puis recommence leur marche jusqu'à la bonne localisation de l'hôte [6].

La rencontre entre les bovins et *A. americanum* a été étudiée par Barnard qui a conclu que deux conditions sont nécessaires pour qu'elle ait lieu : premièrement, la tique doit se sentir affamée et montrer de l'appétence envers l'hôte et, deuxièmement, l'animal et la tique doivent se trouver en même temps au même endroit [44]. Les tiques procèdent comme suit pour envahir leurs hôtes, d'après Hart : arrivées sur les poils des

membres, elles continuent leur trajet pour rejoindre immédiatement les zones de fixation préférentielles [31].

Cependant, l'étude de Stachurski au Cameroun et au Burkina Faso a montré que le processus d'envahissement des bovins par les adultes d'*A. variegatum* se déroule en deux étapes [6]. D'abord, il se produit une fixation temporaire des tiques sur la peau des espaces inter-digités, entre les onglons, un site qui ne sera pas abandonné tant que les animaux sont en mouvement. Ensuite, au moment où les animaux ne bougent plus et sont couchés (pause dans la journée au pâturage ou repos dans le parc de nuit), les tiques délaissent ce site provisoire pour se fixer définitivement sur leurs zones de fixation préférentielle (région inguinale, poitrail).

Après l'abandon du site provisoire, les tiques tombent d'abord au sol (pas d'escalade le long des membres) avant de se diriger vers les sites définitifs où elles sont attirées, grâce aux phéromones produites, par les mâles préalablement fixés. Le rôle de ces phéromones d'attraction-agrégation-fixation se manifeste essentiellement chez les femelles. D'après Norval & Rechav et Barré, ces phéromones ne seront suffisamment sécrétées qu'après au moins 3 à 5 jours de fixation des mâles, c'est-à-dire qu'avant ce laps de temps les femelles ne seront pas attirées par les mâles déjà fixés [33, 7].

Stachurski mentionnait que les femelles ne se fixaient pas du tout, même mises dans des sacs collés sur le corps de l'animal, sans présence préalable (quelques jours avant) des mâles [6].

Chez les mâles, ces phéromones n'ont pour rôle que de faciliter ou d'accélérer leur fixation définitive en augmentant la proportion qui parvient à rejoindre les sites de prédilection à partir des sites de fixation provisoires (les espaces inter-digités).

Chez *A. variegatum*, trois composants forment ces phéromones: l'acide nonanoïque, l'*O*-nitrophénol et le salicylate de méthyle. Cette composition a été découverte en premier par Schöni *et al.* [59]. Les études sur les rôles respectifs de ces 3 composants ont montré que l'*O*-nitrophénol et le salicylate de méthyle sont les principales substances d'attraction des tiques, surtout des femelles, même à une distance

élevée. Elles peuvent induire aussi leur agrégation et leur fixation. Le rôle de l'acide nonanoïque n'a quant à lui pas été clairement déterminé [36, 60, 61, 62].

On peut noter que les adultes d'*A. variegatum* sont aussi attirés par certaines substances synthétiques (phénols chlorés ou iodés) en plus de celles produites normalement par les mâles [63]. Norval *et al.* ainsi que Barré & Pavis ont observé que ces diverses substances, ainsi que les phéromones produites synthétiquement, voire les extraits de mâles gorgés, se montrent moins attractifs que les mâles proprement dits ([36, 60, 61, 62] ; [64]), notamment pour les femelles qui ont besoin de l'étreinte des mâles pour bien se fixer [36].

▪ Chez les immatures

Les œufs pondus par les femelles donnent naissance aux larves après une période d'incubation variant de 55 à 100 jours dans les conditions naturelles [28]. En laboratoire, dans des conditions sous contrôle supposées optimales (ni les températures, ni l'humidité relative ne varient ; elles sont respectivement de 26°C et 84-92% d'HR), la durée de cette incubation est de 50 jours [7].

Le succès de l'éclosion des œufs dépend de l'humidité ambiante [35]. Durant la saison des pluies, le taux d'éclosion dépasse 90%. En revanche, une faible proportion des œufs pondus avant et après les pluies vont devenir larves. Tous les œufs n'éclosent pas simultanément, un délai de plus d'un mois est observé entre l'éclosion des premiers et des derniers œufs pondus.

A la différence des adultes et des nymphes pour qui l'attente du passage des hôtes se fait au niveau du sol (dans les débris végétaux ou à la base des touffes d'herbes), les larves en attente d'hôtes se tiennent en hauteur dans les herbes, où elles forment des amas [6, 7]. La migration vers ce site d'affût ne s'opère pour toute une ponte que suite à l'apparition des dernières larves [7]. Au pâturage, ces amas des larves sont assez faciles à repérer surtout lorsqu'ils sont de grande taille [6, 7].

D'importantes différences ont été notées dans le comportement des larves en attente d'hôtes étudiées dans une île caribéenne et en Afrique. En Zambie et en Afrique du sud, Pegram & Banda et Rechav signalaient que les larves changeaient de

comportement durant la journée [28, 65]. En effet, le matin, elles ne bougeaient pas de leur affût, mais à partir de 9-10 h, elles en descendaient vers le bas de la végétation pour s'abriter au moment de l'augmentation de la température. En fin d'après-midi, lorsque les températures diminuaient de nouveau, elles rejoignaient le sommet des herbes. Par contre, en Guadeloupe, il a été observé qu'une fois que les groupes de larves sont en hauteur dans les herbes, quelles que soient les conditions climatiques observées, ils y restent en permanence sans effectuer de déplacement vertical [7].

La distribution des larves est très hétérogène sur le pâturage, comme il a été observé par Barré en Guadeloupe lors de piégeages systématiques réalisés dans des conditions naturelles [7]. Le même phénomène a été constaté au cours de deux études différentes, l'une menée avec des bovins Goudali au Cameroun [66], l'autre réalisée chez des veaux suivis en fin de saison des pluies au Burkina Faso [6].

Deux indices très visibles signalant l'hétérogénéité de la répartition des tiques au pâturage ont été notés : l'absence de corrélation entre les quantités de larves sur un animal lors de deux comptages successifs, et la très grande hétérogénéité d'infestation entre les animaux, quelques-uns portant de nombreuses tiques (des centaines) tandis que d'autres sont faiblement ou non infestés.

Par opposition aux adultes pour qui les onglons constituent les organes quasi-exclusifs de premier contact avec l'hôte (voir ci-dessus), les larves d'*A. variegatum* entrent en contact avec leurs hôtes au niveau des parties du corps touchant en premier, lors des déplacements sur les pâturages, les herbes où elles se trouvent en attente. Ces zones sont les membres ou la tête, qui sont d'ailleurs les sites de prédilection de cette stase [6].

La longévité des larves à jeun a été estimée à 2,5 - 5 mois en Zambie lorsqu'elles éclosent durant la saison pluvieuse [28]. Au Congo, elle a été observée plus longue, atteignant 6,5 mois environ pour les larves exposées dans la nature [46]. Et en Guadeloupe, une survie encore plus durable, pouvant atteindre 11 mois, a été observée lorsque les larves sont placées dans des endroits abrités [7].

Une fois détachées de leurs hôtes, les larves gorgées vont se dissimuler dans le milieu, y cherchant les micro-habitats favorables à la survie et à la métamorphose, comme toutes les autres stases gorgées. Etant donné que les hôtes se déplacent incessamment sur le pâturage, les larves qui en tombent vont se répartir partout [6], en donnant une répartition homogène, similaire à celle des nymphes qui en seront issues. Ce phénomène a été observé par Barré en Guadeloupe lors de piégeages des nymphes [7] et par Stachurski au Cameroun lors de suivis d'infestation par les nymphes réalisés avec des bovins Goudali [6].

Selon la température, la durée de la mue larvaire est de 30 à 60 jours environ dans les conditions naturelles [28]. Le succès de la métamorphose dépend de l'humidité relative, sa diminution réduisant considérablement le taux de mue, alors qu'il peut atteindre plus de 90% lorsque la pluie tombe régulièrement au cours de cette période. Une expérience sous contrôle, en laboratoire, a montré que le taux de mue restait proche de 90% tant que l'humidité relative ne baissait pas sous les 70 %, mais que si elle diminuait à 44%, le taux chutait vers les 50% [7].

Les nymphes en attente d'hôtes se cachent dans des débris de végétation du sol, comme les adultes [65]. La survie des nymphes à jeun peut atteindre plus d'un an dans un site ombragé en Guadeloupe [7]. En Zambie, Pegram & Banda l'avait estimée à 3 à 6 mois, mais avaient constaté que l'arrivée des pluies accélérât leur mort [28]. D'après Stachurski, le mode d'invasion des bovins par les nymphes d'*A. variegatum* est le même que celui des adultes, lequel a été particulièrement étudié [6] (voir plus haut).

Après leur gorgement, les nymphes détachées des hôtes peuvent parcourir une distance de plus de 2,8 m et s'enfoncer jusqu'à 10 cm de profondeur pour trouver des micro-habitats favorables à leur survie et à leur métamorphose [67]. Cet auteur observait des groupes des nymphes gorgées qui s'abritaient dans ces formations, indiquant d'après lui qu'elles ne s'y dirigeaient pas au hasard mais étaient vraisemblablement attirées par l'humidité émise par ces touffes d'herbes et ces arbustes.

La durée de métamorphose des nymphes est estimée à 30 à 60 jours, suivant la température, dans les conditions naturelles [28]. Dans le modèle de Yonow, avec une température de 25° C, cette durée a été évaluée à 25,5 jours en moyenne [35]. Et

Stachurski a trouvé 28 à 49 jours comme durée de métamorphose dans des conditions quasi-naturelles en fonction de la température [6]. Comme chez les larves, la réussite de la métamorphose nymphale est modulée par l'humidité relative, le taux étant de 90% environ entre 44 et 97% d'HR [7] : elles sont donc moins sensibles que les larves à une humidité faible.

b. Facteurs influençant la phase libre

Plusieurs facteurs influencent la vie des tiques libres. Les facteurs climatiques jouent un rôle important, principalement la pluviométrie (par l'action de l'humidité relative) et la température. La première agit essentiellement en levant la diapause comportementale des adultes [6], en régulant la réussite de l'éclosion des œufs (le taux d'éclosion est supérieur à 90% en condition normale de saison des pluies) et des mues (celle des nymphes mais plus particulièrement celle des larves ; à 44% d'humidité relative, taux de mue n'est plus que 50% [7]). La température, elle, conditionne la cinétique de développement de toutes les stases [6, 7, 28] mais intervient aussi sur leur mortalité [6, 7].

Les stases libres d'*A. variegatum* [6, 27], comme celles de *Rh. (B) microplus* [68] et de *Rh. appendiculatus* [43], subissent l'impact non anodin des prédateurs. Short *et al.* observaient également la diminution du nombre de femelles de *Rh. appendiculatus*, *Rh. (B) microplus* et *Rh. decoloratus* lorsqu'elles n'étaient pas à l'abri des prédateurs [61]. Au Burkina Faso, il a été observé que ces prédateurs agissent surtout sur les *A. variegatum* adultes à jeun [6]. Ces prédateurs n'interviennent probablement qu'en saison chaude (ils sont peu actifs durant la période très fraîche) à partir du mois d'avril.

Parmi les prédateurs, ce sont les fourmis qui ont été les plus incriminées par divers auteurs, non seulement chez *A. variegatum* [6, 27, 29], mais aussi chez *Rh. (B) microplus* [68, 70] et chez d'autres espèces. Il y a d'autres prédateurs suspectés, tels que les coléoptères, les orthoptères, les araignées notamment les lycoses [6, 29] et les poulets attaquant même les tiques fixées sur les hôtes [71, 72].

Les caractéristiques des micro-habitats colonisés influencent aussi la phase libre. Ceux qui ne présentent pas des couverts herbacés permettant d'abriter les tiques sont nuisibles à leur survie et elles n'y seront pas présentes [27].

I.5.3.4. Dynamique saisonnière d'*A. variegatum*

A. variegatum possède une génération annuelle dans les régions où la saison des pluies et la saison sèche sont bien distinctes comme au Sénégal [26], au Cameroun [6, 73, 74] ou au Burkina Faso [6]. Les trois stases se succèdent au cours de l'année [27]. Dans les régions où le cycle saisonnier n'est pas très marqué, où la saison des pluies est dominante et la saison sèche courte ou peu marquée, comme en Afrique équatoriale ou en Guadeloupe, on observe les diverses stases simultanément à n'importe quel moment de l'année [7]. Dans ce cas, les générations se chevauchent [21].

En zone tropicale, les adultes d'*A. variegatum* infestent les animaux durant la saison des pluies qui se déroule généralement d'avril à octobre et de novembre à Mars, respectivement dans l'hémisphère nord et l'hémisphère sud [75]. Le pic d'infestation intervient durant les premiers mois de cette saison [6].

Sur les animaux, les mâles apparaissent plus tôt que les femelles, parfois même avant les premières pluies [6, 74]. D'après Stachurski et Barré *et al.*, les femelles ont besoin d'un seuil d'humidité relative plus important que les mâles pour être activées [6, 53]. Ces auteurs ont ainsi observé au cours de leurs expériences que le nombre de femelles fixées sur les animaux étaient plus faible que celui des mâles en début de saison des pluies.

Short & Norval mentionnaient chez *Rh. Appendiculatus* que l'influence des facteurs climatiques chez les immatures est moindre, ou s'exerce indirectement, leur saisonnalité dépendant de celle des adultes [47]. La situation est identique chez *A. variegatum*. Cette saisonnalité des adultes est la conséquence de la diapause comportementale due au manque d'humidité bloquant l'activité de recherche d'hôtes [6].

Un autre phénomène a été observé, l'état de quiescence des femelles qui se sont gorgées trop tôt, avant l'arrivée des pluies. Ces individus ont une ponte retardée pour

attendre l'augmentation de l'humidité relative au niveau du sol [76]. La régulation de cette saisonnalité par les pluies (en fait par l'humidité relative) [6] permet de synchroniser la présence des œufs et des larves dans la nature avec la période au cours de laquelle il y aura de bonnes conditions climatiques dans les micro-habitats au niveau du sol, favorisant leur survie et le bon déroulement de leur développement, étant donné leur grande sensibilité à la forte chaleur [38].

Les larves parasitent leurs hôtes en fin de saison des pluies. La durée séparant leur apparition des pics d'infestation par les femelles varie d'une zone à l'autre, puisque la durée d'incubation dépend de la température ambiante. Par exemple, elle est de 6 mois au Cameroun et de 4 mois au Burkina Faso [6]. L'infestation des animaux par les nymphes se déroule quant à elle durant la saison sèche mais ces tiques pullulent essentiellement durant les premiers mois de ladite saison [6, 73]. Le délai entre le pic d'infestation des larves et celui des nymphes est de 1,5 à 2 mois [6].

I.6. Importance d'*A. variegatum*

L'impact d'*A. variegatum*, comme de toutes les tiques, réside dans l'infestation elle-même, provoquant des dommages directs chez l'animal parasité, et dans sa capacité à transmettre ou à favoriser des maladies (pertes indirectes) [1, 2, 3].

I.6.1. Impacts directs

Dans un premier temps, il faut noter que seules les pertes provoquées par les tiques adultes ont pu être quantifiées statistiquement lors d'études comparatives réalisées avec diverses espèces de tiques, y compris *A. variegatum* [66, 76, 77, 78]. Stachurski *et al.* ont observé ce phénomène après avoir comparé des animaux détiqués hebdomadairement et des animaux non détiqués qui avaient, pendant la saison sèche, des performances assez comparables malgré la présence chez les animaux non traités d'un grand nombre de nymphes (12000 en moyenne) dont la prédation sanguine correspond pourtant à celle occasionnée par 250 femelles [66]. Une considération plus générale encore est qu'on associe, dans le calcul des pertes dues aux femelles, celles provoquées par les mâles fixés et par les femelles demi-gorgées parce qu'elles sont négligeables (difficiles à quantifier) [76].

I.6.1.1. Dommages locaux

Certains dommages sont visibles immédiatement suite à l'infestation par les tiques, comme les blessures au niveau de leur point de fixation. Ces blessures peuvent être surinfectées par des bactéries et des myiases [21, 77, 80, 81]. D'ailleurs, Stachurski *et al.* ont signalé au Cameroun qu'aucune blessure n'a été observée sur les animaux d'un groupe traité à l'aide d'un acaricide, alors que les animaux non traités ont eu des blessures, présentant parfois des myiases, blessures qu'ils ont été obligés de traiter [66].

Le rostre très allongé d'*A. variegatum*, qu'il est difficile d'enlever manuellement sur l'animal, peut causer des blessures larges et profondes ou des abcès [23]. De telles lésions ont été déjà observées par Spickett *et al.* [82] et Mattioli *et al.* [83]. Ces lésions peuvent mener à la perte de quartiers de la mamelle à défaut de traitement, ou s'il est mal fait ou trop tardif [6]. L'altération du cuir ou de la peau est également un dégât direct occasionné par l'infestation par les tiques [1].

I.6.1.2. Pertes de croissance

Les différentes études effectuées ont estimé à 50 g la perte de poids vif que provoque une femelle gorgée d'*A. variegatum*. Par rapport à la quantité de sang qu'elle prélève, cette perte est beaucoup plus importante [66, 79, 84]. Cela indique qu'une part non négligeable des pertes de poids est due à la réaction immunitaire des animaux à la fixation des parasites dont l'impact n'est pas limité à la prédation sanguine [6].

Les pertes de poids vif provoquées par *Rh. Appendiculatus*, *A. hebraeum* et *Rh. (B) microplus* sont nettement plus faibles que celles dues à *A. variegatum*. Ainsi, chaque femelle gorgée de *Rh. Appendiculatus* entraîne une perte de poids vif de 4 g [77]. Cette perte a été estimée à 10 g par femelle gorgée d'*A. hebraeum* [78], et à 0,6 à 1,5 g par femelle gorgée de *Rh. (B) microplus* [85], ou 1g pour Jonsson *et al.* [86].

Des pertes de poids de 10 à 20 kg par an ont été observées chez les bovins non détiqués en croissance en zone sub-humide, sur des animaux qui pèsent pourtant moins de 300 kg de poids vifs [6]. La croissance compensatrice observée ultérieurement, une fois l'infestation terminée, ne permet pas de compenser les pertes de poids des animaux en croissance ayant subi l'infestation par *Amblyomma* [66, 78].

I.6.1.3. Impacts sur la production laitière

Alors que des études spécifiques ont été réalisées pour évaluer l'impact de l'infestation par d'autres tiques sur la production de lait des vaches, de telles études ne semblent pas encore avoir été conduites avec *A. variegatum* [6]. Néanmoins, une étude très longue (3 ans) destinée à évaluer les différents dégâts provoqués par les tiques, conduite dans la province centrale de Zambie où *A. variegatum* prédomine, a mis en évidence que 14 litres de lait supplémentaires (à part le lait destiné aux veaux) ont été produits par les vaches détiquées par rapport aux vaches non détiquées [87].

Des expériences basées sur des infestations monospécifiques artificielles permettent d'éviter des erreurs dans l'attribution des pertes de performances à telle ou telle tique lorsque plusieurs espèces infestent simultanément les animaux [6].

De telles expériences ont été réalisées avec certaines tiques pour évaluer les pertes de production laitière occasionnées chez les vaches. Par exemple, pour *Rh. appendiculatus*, la perte de lait provoquée par une femelle gorgée a été estimée à 9 ml [88]. Pour *Rh. (B) microplus*, la même perte de 9 ml de lait a été attribuée à chaque femelle gorgée [86]. Et pour *A. hebraeum*, la perte calculée a été trouvée moins importante que celles dues aux deux autres espèces, chaque femelle gorgée provoquant chez des vaches Sanga de Zimbabwe une diminution de 6 à 10 ml de la production de lait [89].

Par comparaison avec la perte de poids provoquée par ces trois espèces, moins importante que celle due à *A. variegatum*, Stachurski pensait que des impacts plus significatifs pourraient légitimement être occasionnés par cette dernière espèce en termes de production laitière [6].

Stachurski a observé au cours de ses études sur l'héritabilité du caractère de faible attractivité pour *A. variegatum*, que les mamelles des vaches peu infestées étaient moins détériorées que celles des vaches très infestées [6]. Le nombre moyen de quartiers fonctionnels était respectivement de 3,5 et 2,8 pour ces deux catégories d'animaux.

Evidemment, en conséquence de tels dommages, la quantité de lait produite par les vaches diminue ce qui se répercute sur la vitalité des veaux. Barré & Morel ont ainsi

signalé à Maurice la mort de veaux à cause de l'insuffisance de lait produit par les vaches qui étaient fortement infestées par *A. variegatum* [90]. Par ailleurs, Stachurski a aussi observé au Cameroun le même phénomène sur deux veaux qui sont morts avant le sevrage de cette insuffisance de lait, leur mère étant très infestées par *A. variegatum* et ne disposant que d'un, ou même aucun, quartier fonctionnel [6].

1.6.2. Pertes indirectes

Nombreuses sont les maladies associées à *A. variegatum*, mais la cowdriose et la dermatophilose en sont les plus importantes. Les autres sont minoritaires.

1.6.2.1. Cowdriose ou « heartwater »

La cowdriose est une maladie bactérienne causée par la rickettsie *Cowdria ruminantium*, récemment renommée *Ehrlichia ruminantium*, dont les vecteurs sont les tiques du genre *Amblyomma* (12 espèces). *A. variegatum* en est l'espèce la plus importante et la plus répandue [10].

La transmission de l'agent pathogène se fait d'une manière transstadiale par les nymphes et les adultes seulement [91]. Les ruminants domestiques et sauvages sont les espèces cibles de cette maladie mais la sensibilité est plus importante chez les premiers, alors que les seconds peuvent être des réservoirs à l'exception semble-t-il du cerf *Rusa* chez lequel des dommages économiques dus à la cowdriose sont possibles [92].

Avec une incubation naturelle moyenne de 2 semaines, la cowdriose présente plusieurs formes. Elle se manifeste généralement par une forte fièvre pouvant atteindre 41 à 42 ° C, puis la température baisse avant la mort. Cette fièvre importante est suivie par des symptômes digestifs, pulmonaires, mais surtout nerveux [92, 93, 94, 95]. Dans la forme suraigüe, aucun de ces signes n'apparaît à part l'hyperthermie aiguë qui survient peu de temps avant la mort de l'animal [6].

D'une manière générale, les animaux de race exotiques sont plus sensibles à la maladie que ceux de races locales [6, 96]. Lorsque les premiers nommés se déplacent dans une zone où la cowdriose est endémique, des fortes mortalités peuvent s'observer (supérieures à 50% (Callow, 1978, cité par Barré & Garris, [97])). Une telle situation

(animaux de race exotique introduits dans une zone enzootique) sert généralement d'indice épidémiologique permettant de suspecter la présence de la maladie dans une région [95]. Stachurski et Gueye pensent que les races indigènes d'Afrique qui n'ont jamais été infestées par des tiques infectées sont aussi sensibles que les races exotiques si elles sont introduites dans une zone enzootique [6, 96].

Comparés aux petits ruminants (moutons et chèvres), les bovins sont moins sensibles car ils bénéficient d'une stabilité enzootique, conséquence de la précocité et de l'importance de leur infestation par les tiques vectrices. Le passage de la cowdriose (primo-infection) chez les veaux intervient en effet alors qu'ils sont pleinement protégés de la maladie grâce à l'immunité provenant de leur mère [98] ou à la tolérance de quelques jours ou semaines liée au jeune âge [95]. En revanche, les ovins et les caprins n'ont pas cet avantage à cause de leur petit format qui est responsable de leur faible attractivité pour les tiques, surtout pour les adultes [6] : à certaines périodes de l'année, les nouveau-nés perdent leur immunité passive protectrice avant la primo-infection, et deviennent par la suite sensibles à la maladie.

En fait, d'après les résultats de PCR de Mahan *et al.* au Zimbabwe, l'infection de 95 % des animaux par *E. ruminantium* est assurée si la charge de tiques atteint 20 adultes ou 100 nymphes [99], ce qui est rapidement observé chez les bovins. Cela leur permet d'avoir rapidement une immunité protectrice active qui s'entretiendra ensuite régulièrement à chaque vague d'infestation par les tiques vectrices (nymphes et adultes).

I.6.2.2. Dermatophilose

La dermatophilose est une infection cutanée exsudative due à un actinomycète, *Dermatophilus congolensis*, affectant de nombreuses espèces animales ainsi que l'homme. Elle est présente dans le monde entier, mais les pertes économiques significatives s'observent surtout dans les zones tropicales chez les ruminants domestiques et les chevaux [100].

Cette maladie a un lien avec *A. variegatum* bien que la tique ne la transmette pas [100, 101]. Plusieurs travaux ont montré qu'il y avait aggravation des lésions chez les animaux atteints de dermatophilose et en même temps infestés par les *A. variegatum*

adultes [102]. Certains auteurs soupçonnent un effet immunodépresseur de la salive d'*A. variegatum* pour expliquer la relation entre tique et maladie. Lloyd & Walker ont ainsi mis en évidence par des tests cutanés et sérologiques la diminution importante des réactions immunitaires à médiation cellulaire et humorale chez les moutons infestés par des *A. variegatum* adultes [103].

De plus, ils ont aussi montré que les effets systémiques d'*A. variegatum* chez les animaux atteints de dermatophilose sont seulement dus aux stases adultes. Cela a aussi été confirmé chez les chèvres [104]. Martinez *et al.* arrivaient aux mêmes conclusions à propos de ce phénomène d'immunosuppression en observant que des moutons, qui étaient porteurs asymptomatiques de l'actinomycète à l'abri des tiques, développaient des dermatophiles sévères après avoir été infestés artificiellement par des adultes d'*A. variegatum* [101].

Lors d'une autre étude, Martinez *et al.* ont réussi à identifier les substances immunosuppressives dans la salive d'*A. variegatum* [100]. Il s'agissait des prostaglandines E2 et I2 dont l'activité immunodéprimante systémique a été mise en évidence par le fait qu'elles sont sécrétées dans des zones différentes de celles où les lésions graves de dermatophilose apparaissent. Ils ont enfin montré la part négligeable d'*A. variegatum* dans la transmission de la dermatophilose en constatant l'absence de différence significative entre les taux d'animaux séropositifs à *D. congolensis* dans les zones infestées ou non par cette tique.

En plus des arthropodes, d'autres facteurs sont soupçonnés de favoriser la dermatophilose: l'humidité, la race [102], et même la gestion des animaux [105, 106]. En bref, cette maladie manifeste essentiellement son importance chez les animaux fraîchement infestés par *A. variegatum*. La race n'est toutefois pas un critère explicatif absolu de l'apparition ou non de la maladie. Ainsi, le bovin Créole de Guadeloupe est-il très résistant (5% des animaux sont atteints par la maladie) et le Créole de Martinique très sensible (82% des animaux atteints) alors que les deux populations sont génotypiquement proches [102].

Ce phénomène s'explique par le fait que le bovin Créole de Martinique n'a rencontré les tiques que récemment (introduction de la tique dans les années 1950)

tandis que celui de Guadeloupe est infesté depuis longtemps par *A. variegatum*. Par contre, à la différence de la cowdriose, même dans les zones enzootiques la dermatophilose peut causer des dégâts chez les bovins de race locale, qu'ils soient zébus ou taurins [6].

I.6.2.3. Autres maladies associées à *A. variegatum*

Le rôle vecteur que joue *A. variegatum* pour *E. ruminantium* est également connu pour d'autres maladies dont l'importance économique varie en fonction du germe. Ainsi, on a isolé chez *A. variegatum* plusieurs arbovirus pouvant être dangereux chez l'homme ou chez les animaux, tels que le virus Dugbe, le virus Bhanja, le virus Thogoto, le virus de la fièvre jaune [21, 107] et le virus de la fièvre hémorragique Crimée-Congo (CCHF) [108].

Par ailleurs, certaines maladies ayant des protozoaires comme agent pathogène sont transmises par *A. variegatum*, mais leur impact économique est généralement négligeable (cas de la theilériose et de l'ehrlichiose bovine, dues respectivement à *Theileria mutans* et à *Ehrlichia bovis*), voire nul (theilérioses des bovins dues par exemple à *T. velifera*) [1, 21].

1.7. Distribution mondiale d'*A. variegatum*

Amblyomma variegatum est une tique originaire d'Afrique [6,7, 8] où elle est présente dans plus de 30 pays [8]. D'ailleurs, c'est l'espèce de tique la plus répandue sur le continent Africain [10, 20, 109, 110] où sa distribution est limitée géographiquement entre la latitude de 17° au nord et la latitude de 20° au sud, suivant l'isohyète 500 mm [8]. En Afrique australe, la présence d'*A. variegatum* n'est attestée qu'au nord du Zimbabwe et du Mozambique [10] à cause des températures froides régnant dans les régions subtropicales du sud de ces pays [8]. Au nord du continent, ce sont les conditions arides qui limitent son extension dans la corne de l'Afrique et à la limite du Sahel [6, 8].

Dans les régions équatoriales où les tiques ne supportent pas des précipitations annuelles supérieures à 2750 mm, *A. variegatum* est rare et ne se trouve que dans des clairières [111]. Dans certaines régions où il y a d'autres espèces ayant des préférences

climatologiques, d'hôtes et d'habitats similaires à celles d'*A. variegatum*, la tique est absente. Ainsi, ce sont *A. hebraeum* et *A. pomposum* qui prennent sa place, respectivement en Afrique du sud et en Angola [10, 27, 112, 113]. La **figure 7** représente la distribution d'*A. variegatum* en Afrique et dans les îles de l'Océan indien.

Hormis les pertes qu'occasionne *A. variegatum*, son importance se manifeste aussi par sa large répartition [6]. Car, à partir de l'Afrique, la tique a pu s'installer dans deux autres régions du monde (8). D'une part, dans les îles de l'Océan indien qui ont été infestées par des populations d'*A. variegatum* probablement en provenance d'Afrique de l'Est. La tique a colonisé d'abord les Comores et Madagascar [9], d'où elle a ensuite été introduite sur les différentes îles des Mascareignes [8] (**Figure 7**).

D'autre part, dans les Antilles où *A. variegatum* s'installa premièrement dans les petites Antilles, en commençant par la Guadeloupe où elle arriva par l'intermédiaire de bovins importés à plusieurs reprises d'Afrique de l'ouest (Sénégal [97, 114, 115] ou Gambie [8]). Dans les Antilles françaises, cette tique est même appelée « tique sénégalaise » [6, 8, 114].

En général, on estime qu'*A. variegatum* a été introduit en 1828-1830, bien que, compte tenu de la longue histoire du commerce triangulaire, Uilenberg & Barré pensaient que la tique était déjà présente en Guadeloupe avant cette date. Ensuite, à partir de Guadeloupe et à la faveur d'importation des bovins infestés [8], *A. variegatum* a pu s'installer à Marie-Galante vers 1835 [115], à Antigua avant 1895 [8] et en Martinique en 1948 [6, 8, 114]. A partir des années soixante du siècle dernier, *A. variegatum* a poursuivi son envahissement des autres îles de la région à une vitesse de propagation accélérée [6, 114]. Plus de la moitié des îles des petites Antilles [6] et quelques-unes des grandes Antilles (par exemple, Porto Rico [114]) ont été infestées à un moment ou à un autre (voir **Figure 8**).

Un certain nombre de possibilités (transport de terre, de fumier, de litières,...) ont été décrites par Barré *et al.* comme moyens de dispersion d'*A. variegatum* aux Caraïbes [115]. Cependant, ils estiment que c'est le mouvement inter-îles d'animaux infestés essentiellement par des adultes (moyen le plus efficace et le plus sûr) qui a permis à *A. variegatum* de se disperser dans cette zone.

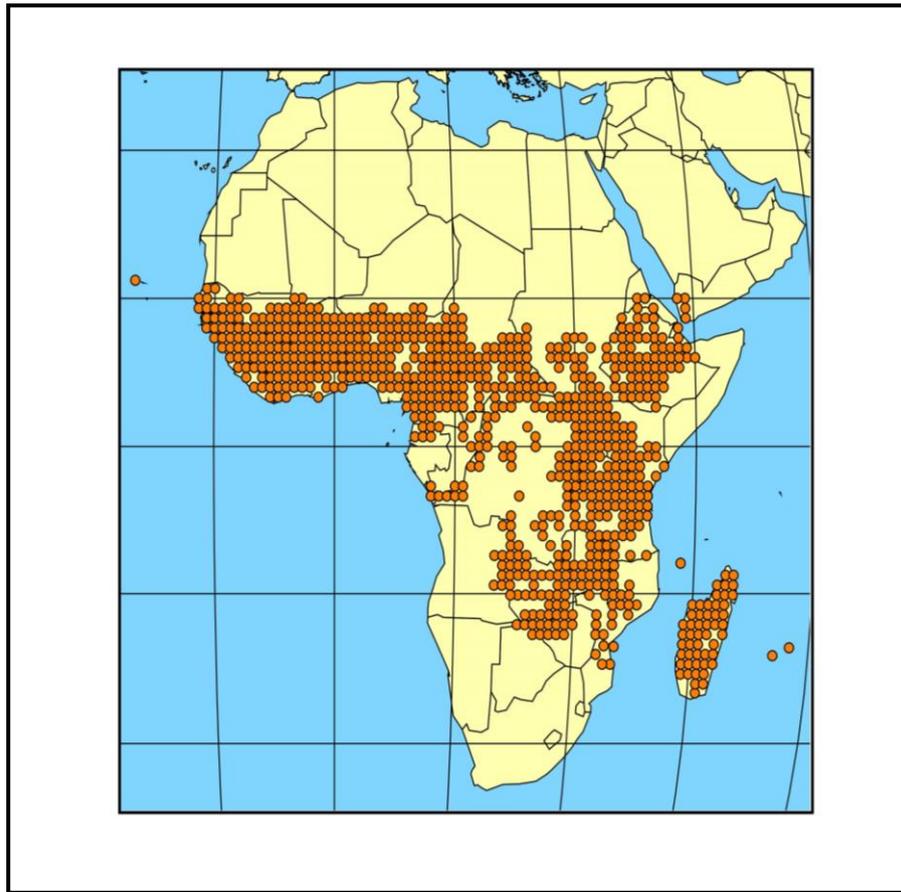


Figure 7 : Distribution d'*A. variegatum* en Afrique, dans l'Océan indien et dans la péninsule arabe [6]

Mais lors de la propagation d'*A. variegatum* intervenue dans les îles des Caraïbes depuis les années 1960, c'est le héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) qui a été suspecté d'être le disséminateur principal [6, 8, 114, 115, 116]. D'ailleurs, la propagation d'*A. variegatum* dans les Antilles est synchronisée avec l'arrivée du héron dans la région [114], et le nombre des îles où l'oiseau est présent est étroitement lié au nombre de celles envahies par la tique [115].

Vu cette expansion rapide d'*A. variegatum*, il est logique de penser que la tique pourrait encore étendre sa distribution. Ainsi, le continent américain, qui se situe à quelques kilomètres des Caraïbes (plus exactement, de Trinidad [115]) constitue une importante zone de distribution potentielle [6,8]. L'introduction de la tique sur le continent pourrait être le fait des oiseaux migrateurs, dont le héron garde-bœufs [115, 116].

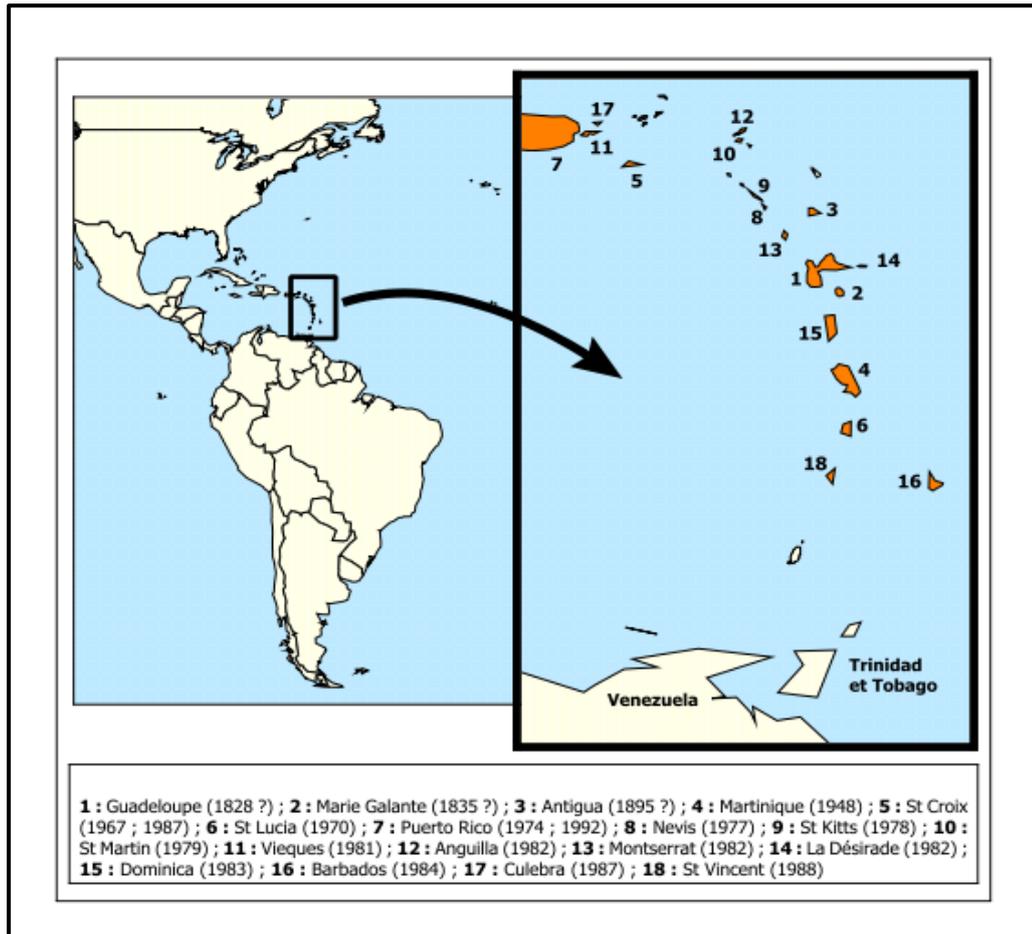


Figure 8 : Distribution d'*A. variegatum* sur les petites Antilles (les dates entre parenthèses correspondent à l'année de première observation; il y a deux dates lorsqu'une campagne d'éradication a été suivie par une réinfestation [6])

La région méditerranéenne est aussi sous la menace de l'introduction de cette espèce qui pourrait s'y introduire par les mêmes oiseaux migrateurs [117]. Pour prévoir la répartition potentielle d'*A. variegatum* dans le monde, de nombreux modèles basés sur la connaissance des conditions climatiques estimées favorables à la tique ont été établis par divers auteurs. Par exemple, un tel modèle a été utilisé en Italie pour prévoir le risque d'infestation du pays. La conclusion était que la Sicile, la Sardaigne et la partie sud-ouest de la Péninsule italienne constituaient les zones les plus favorables à la présence d'*A. variegatum* [117].

Un autre modèle a été utilisé avec les données concernant le nouveau monde [110]. Il prévoit que le continent américain est potentiellement une zone de distribution

de la tique, zone qui serait limitée au nord par l'île d'Hispaniola, à l'est par le Yucatan et le Panama, et au sud, par les zones côtières de Colombie et du Venezuela.

L'installation de cette tique provoquerait des pertes considérables pour le bétail qui y vit [6, 115] car les bovins élevés sur ce continent sont sensibles à la dermatophilose et à la cowdriose [6]. De plus, les espèces d'*Amblyomma* indigènes, et plus particulièrement *A. cajennense* et *A. maculatum*, sont des vecteurs potentiels de l'agent pathogène de la cowdriose, ce qui permettrait l'installation et la propagation de cette maladie [116, 118, 119].

Barré & Uilenberg ont signalé qu'*A. variegatum* pourrait trouver d'autres régions écologiquement favorables à sa présence : le sud de la péninsule indienne, le sud-est de l'Asie continentale et insulaire, et, en Océanie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, le nord de l'Australie et le Queensland [8].

Face à ces risques, les seuls moyens possibles d'empêcher une telle évolution seraient de contrôler rigoureusement les déplacements d'animaux entre les îles et, pour ce qui concerne le continent américain, d'éradiquer la population d'*A. variegatum* dans les Antilles [115, 116]. Des campagnes d'éradication ont été déjà réalisées sur certaines îles, comme sur Sainte-Croix, vers la fin des années 1960, et à Porto Rico au début des années 1970 [120]. Sur les îles des petites Antilles infestées par cette tique, un programme d'éradication d'*A. variegatum* a été entrepris en 1994 [121, 122].

Mais le programme a été arrêté en 2006 parce que son coût était très élevé (le coût total a été estimé à 24 millions de dollars américains) et que des problèmes sont apparus lors de son application, problèmes qui ont mené à des échecs : les objectifs n'ont pas été atteints [124]. Espérons que ce programme d'éradication de la tique *A. variegatum* dans les Antilles reprendra ultérieurement afin d'éliminer la menace qu'elle constitue pour le bétail des îles et du continent, zones non infestées actuellement.

1.8. Lutte contre *A. variegatum*

1.8.1. Méthode traditionnelle par détiquage manuel

Comme son nom l'indique, c'est la méthode la plus ancienne mais encore la plus utilisée par beaucoup d'éleveurs en Afrique pour lutter contre les tiques [125]. Il s'agit d'arracher à la main les tiques fixées sur les animaux puis de les jeter dans le feu ou de les écraser entre deux pierres [6]. La perte de temps et la pénibilité de sa réalisation (besoin d'immobiliser l'animal, ce qui est fastidieux) constituent les principaux points faibles de cette lutte traditionnelle, ce qui pousse de plus en plus les éleveurs à recourir à d'autres méthodes de lutte, essentiellement l'utilisation des acaricides.

1.8.2. Méthodes chimiques avec des acaricides

Les pyréthrinoïdes de synthèse et l'amitrazé constituent actuellement les acaricides les plus employés pour contrôler les tiques [6]. Mais l'arsenic fut le premier produit utilisé dans les bains détiqeurs, et il a montré son efficacité dans le contrôle les tiques et des maladies transmises pendant plus de 50 ans avant l'apparition de problème de résistance [126]. Ensuite, après l'arrêt de l'utilisation des anhydrides arsénicaux dans les bains détiqeurs, s'y succédèrent les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates [21, 127, 128].

En fait, historiquement, la lutte acaricide, commencée au début du XXème siècle, a eu tendance à aller vers l'emploi successif de substances présentant toujours moins de danger, une plus faible toxicité pour les animaux, avec une persistance résiduelle de courte durée dans l'environnement et une rémanence plus grande sur les animaux [6]. D'ailleurs, ces caractéristiques ont été mises en évidence dans la fluméthrine (un pyréthrinoïde de synthèse) par Barré *et al.* [129].

Les méthodes d'utilisation des acaricides ont évolué des bains détiqeurs à l'injection systémique des produits [126]. Ce sont les bains détiqeurs et désormais les pulvérisateurs manuels qu'on considère comme les méthodes traditionnelles d'application des acaricides [127]. Ces outils ont chacun leurs caractéristiques.

Le bain détiqueur présente l'avantage de permettre le traitement d'un grand nombre d'animaux (il faut d'ailleurs au moins 500 têtes de bovins pour justifier son emploi [21]). Ce genre de bains est par exemple parfaitement adapté pour une campagne d'éradication des tiques dans une zone, campagne au cours de laquelle, il est nécessaire qu'un effectif important d'animaux soit concerné par le traitement. Du reste, une des grandes réussites de l'emploi des bains détiqueurs a été signalée en Afrique du sud, au Mozambique et au Zimbabwe où on a pu faire disparaître l'East Coast Fever [130].

En revanche, cet équipement n'est pas adapté à la situation des agropasteurs africains dont la majorité ne possède que quelques têtes de bovins (une cinquantaine environ en moyenne pour les éleveurs ouest-africains). Car, et c'est la plus importante cause empêchant son utilisation par les éleveurs traditionnels, la construction d'un bain détiqueur a un coût exorbitant (un bain coûte au moins 10.000.000 Ar ou environ 3500 €), et son usage est également très onéreux d'autant que les acaricides à utiliser pour sa mise en opération, dont il faut de grandes quantités, sont tous importés de l'étranger [6].

Le pulvérisateur portatif (15 à 16 l de capacité) convient de ce fait mieux aux petits éleveurs, vu son faible coût (25.000 à 45.000 Ar la pièce). D'ailleurs, il est déjà utilisé en nombre dans des élevages africains surtout par les éleveurs de vaches laitières en zones péri-urbaines [6]. Cependant, afin d'éviter le risque d'accident pour les opérateurs, son emploi est facilité par la présence d'un couloir de contention, sinon tous les animaux doivent être attrapés à tour de rôle et maintenus, ce qui demande pas mal de temps s'il y a de nombreux animaux à traiter.

Depuis environ une vingtaine d'années, de nouvelles techniques de lutte contre les tiques ont été testées, dans lesquelles les acaricides se présentent sous une formulation permettant la diffusion lente et durable des substances actives [6]. On a ainsi utilisé des boucles d'oreilles, des boucles caudales ou des colliers imprégnés comme outils d'application des acaricides [3, 131, 132]. Le choix du dispositif étant fait en fonction de la biologie de la tique.

Ainsi, les boucles caudales et les colliers sont destinés à lutter contre *A. variegatum* et *A. hebraeum* alors que les boucles auriculaires sont plus particulièrement conçues contre *Rh. Appendiculatus* dont les zones préférentielles de fixation sont les

oreilles [131, 132]. On a parfois testé des dispositifs contenant non seulement des acaricides mais aussi des phéromones dont le rôle est d'attirer les tiques vers les zones fortement imprégnées d'acaricides. Les études conduites pour évaluer l'efficacité de ces systèmes ont fourni des résultats qui ne sont pas complètement satisfaisants, ce qui explique le fait que ces dispositifs expérimentaux n'ont pas encore eu de développement industriel.

Ce n'est pas le cas d'une de ces nouvelles méthodes, la formulation « pour-on », qui est la plus réputée et la plus employée et consiste en une application topique dorsale [6, 129], l'acaricide étant répandu sur la ligne du dos des animaux [6]. La fluméthrine est l'acaricide le plus efficace avec ce type d'application, capable de diffuser correctement sur tout le corps de l'animal [6, 129] et tuant également les tiques qui se fixent sur les régions déclives (ventre, région inguinale et poitrail) [133].

Cette efficacité de la fluméthrine en formulation « pour-on » a été montrée à plusieurs reprises : en Guadeloupe contre *A. variegatum* [116], dans divers pays d'Afrique australe contre *A. variegatum* et *A. hebraeum* [134], au Zimbabwe, à l'aide d'un appareil appelé « Duncan applicator » [135], au Burkina Faso contre *A. variegatum* et *Hyalomma spp.* [6]. Le problème de l'emploi de la formulation « pour-on » est lié à la diffusion imparfaite de certains acaricides ainsi qu'au coût élevé du traitement lui-même (en revanche, aucune installation et aucun équipement ne sont nécessaires ; les bovins ne nécessitent de plus pas de contention rigoureuse [128]).

D'autres nouvelles méthodes de lutte existent : injection d'acaricides systémiques (essentiellement l'ivermectine), applicateurs automatiques d'acaricides pour les animaux sauvages mais s'adaptant aussi aux animaux domestiques, pédiluve acaricide... Cette dernière méthode, qui permet de contrôler plus particulièrement *A. variegatum*, a été développée récemment [136]. Elle est conçue pour empêcher la fixation définitive des adultes d'*A. variegatum* capturés par les bovins au pâturage et fixés (provisoirement) près des onglons.

Mais le pédiluve est aussi capable de limiter l'incidence de la trypanosomose en diminuant la population de ses vecteurs, les glossines riveraines (*Glossina tachinoides* et *G. palpalisgambiensis*). Par rapport aux autres techniques de lutte, le pédiluve se

montre plus rentable : courte durée du traitement (en moins de 15 minutes, il est possible de traiter 120 animaux) ; facilité d'emploi et conditions de travail des éleveurs améliorées ; coût moins élevé ; etc ([il faut se référer à Stachurski [6] ou à Stachurski *et al.* [136] pour en savoir plus]). Car cette méthode n'est pas à la portée de tous les éleveurs, étant donné le coût élevé (mais moindre qu'un bain détiqueur) de la construction de l'installation : 530 à 610 € (1.500.000 à 1.750.000 Ar) [136].

De plus, le traitement par pédiluve ne devrait pas être utilisé trop tôt pour les veaux, ni d'une manière permanente et ne devrait commencer que lorsque les animaux sont infestés par une trentaine de tiques environ, dans le but de maintenir la stabilité enzootique vis-à-vis de la cowdriose [6, 136]. Par ailleurs, il faut préciser que cette méthode limite les pertes directes provoquées par les tiques et empêche vraisemblablement la progression de la dermatophilose en permettant de diminuer fortement le nombre d'*A. variegatum* adultes qui aggravent les lésions cutanées, mais qu'elle n'est pas capable de prévenir la transmission de la cowdriose [136].

Nombreux sont les éleveurs qui dépendent totalement des acaricides pour lutter contre les tiques alors qu'ils ne connaissent rien ou très peu des problèmes liés à leur utilisation [126]. En fait, cette méthode présente beaucoup d'inconvénients [125], surtout si les produits sont utilisés en excès : toxicité des résidus pour l'environnement et des denrées alimentaires animales (viandes et lait) [6, 137, 138]; perte de la stabilité enzootique vis-à-vis des maladies transmises [3, 6] ; augmentation perpétuelle du coût des acaricides et des études nécessaires à la découverte de nouveaux produits [2, 127, 137, 139, 140] ; développement de souches de tiques résistantes [126, 139, 141].

La raison principale de la nécessité de la mise sur le marché de nouvelles molécules acaricides est d'ailleurs l'apparition régulière de populations de tiques résistantes aux acaricides [126, 142]. A côté de l'usage intensif des acaricides, le sous-dosage lors du traitement est un des facteurs favorisant la sélection des souches résistantes [139]. Ce sous-dosage peut surtout être observé lorsque les éleveurs veulent faire des économies de produit. Par ailleurs, l'utilisation des pesticides contre d'autres arthropodes que les tiques chez les bovins peut aussi avoir un impact sur l'incidence de la résistance des tiques et sur la prévalence des maladies qu'elles transmettent [143].

Cette résistance aux acaricides a été principalement observée chez les tiques à un seul hôte telles que *Rh. (B) microplus*, alors que chez les tiques à hôtes multiples elle est encore rare [6, 139]. Ainsi, c'est dès 1980 qu'en Australie on a signalé pour la première fois la résistance de *Rh. (B) Microplus* à l'amitraze [141].

En ce qui concerne *A. variegatum*, alors que les acaricides sont utilisés intensivement lors des campagnes d'éradication dans les Antilles (Puerto Rico, Guadeloupe, Marie-Galante,...), aucune souche résistante n'a encore été identifiée [144, 145]. Toutefois, à Madagascar, Uilenberg signalait la résistance d'*A. variegatum* à l'arsenic [146]. Et en Zambie, Luguru *et al.* ont identifié chez *A. variegatum*, mais aussi chez *A. hebraeum* et *Rh. appendiculatus*, quelques souches résistantes aux organophosphorés [147].

Pour les pyréthrinoides, la résistance chez les tiques à plusieurs hôtes est encore moins répandue [139], ou n'a même encore jamais été signalée. D'ailleurs, une étude réalisée récemment par Adakal *et al.* au Burkina Faso n'a identifié aucune résistance aux pyréthrinoides synthétiques chez *A. variegatum*, pas plus du reste que chez la tique à un seul hôte *Rh. geigyi* [148]. L'augmentation constante du prix des acaricides est une autre raison importante entraînant la réduction de leur emploi, en particulier pour les éleveurs à faibles revenus [125, 127].

1.8.3. Méthode alternative

Toutes les raisons précédemment décrites mènent à l'invention des méthodes alternatives, mais leur mise en œuvre n'est pour le moment pas très pratique à cause de leur efficacité limitée. Car, utilisées toutes seules, ces méthodes ont de faibles chances de parvenir à lutter efficacement contre les tiques, le succès total des contrôles dépendant encore principalement de l'utilisation des acaricides, d'où la notion de « lutte intégrée » [149, 150]. On peut en citer par exemple l'évitement des zones avérées comme très infestées (pour lutter surtout contre les adultes d'*A. variegatum* [6]). L'exploitation des prédateurs de tiques dont l'action des poulets qui a été signalée comme très significative. Les poulets peuvent en effet consommer un nombre important de tiques en moyenne : 30 tiques par poulet en trois heures d'après Dreyer *et al.* [72] et 81 tiques par poulet par heure selon Hassan *et al.* [71].

DEUXIÈME PARTIE :
MÉTHODES ET RÉSULTAT

II. MÉTHODES ET RÉSULTATS

II.1. MÉTHODES

II.1.1. Caractéristiques du cadre de l'étude

Pour atteindre les objectifs de l'étude, trois activités distinctes ont été réalisées : étude expérimentale avec les nymphes d'*A. variegatum*, suivi d'infestation de bovins et enquête sur la distribution de la tique.

II.1.1.1. Choix des zones d'étude

Les sites pour effectuer l'étude expérimentale et le suivi d'infestation de bovins ont été choisis en fonction de deux critères : le niveau d'infestation des bovins par *A. variegatum*, très variable entre les zones afin d'obtenir des résultats dont la comparaison permettrait de comprendre la situation vis-à-vis de la tique ; la faible distance par rapport à la capitale pour faciliter les déplacements réguliers (toutes les semaines) au cours du suivi des essais de terrain.

Ont ainsi été choisis Mananta (au nord d'Anjozorobe) où la tique commence à s'installer, Ambohibe (au sud de Mangamila) où elle n'est pas encore présente, et Ambatomahamanina (près de Talata Volonondry) où les effectifs d'*A. variegatum* sont importants. Ces trois sites se situent sur le même axe (la RN 3) et sont assez proches d'Antananarivo.

A. variegatum est présent au nord et absent au sud de la région d'Anjozorobe-Mangamila, d'après un enquête préliminaire réalisée en 2008. On sait d'autre part que de nombreux bovins de races laitières introduites, très sensibles à la tique et aux maladies transmises, sont présents autour d'Antsirabe, une zone où le parasite ne devrait pas être présent selon Uilenberg et al. qui écrivaient qu'*A. variegatum* ne pouvait s'installer sur les Hautes terres que suite à des introductions régulières d'animaux infestés [11]. C'est pour ces raisons que les régions d'Anjozorobe (détermination précise des limites de répartition) et du Vakinankaratra (appréciation du risque pour les éleveurs laitiers) ont été choisis comme zones d'enquête afin de connaître la distribution exacte actuelle de la tique sur les hauts plateaux malgaches.

II.1.1.2. Choix de la période d'étude

La période de l'étude a été déterminée pour correspondre à la période d'infestation des animaux par les nymphes d'*A. variegatum* : l'étude n'a commencé qu'au moment où les animaux ont été infestés naturellement par ces tiques. Cette date a été déterminée en visitant quelques troupeaux de bovins d'éleveurs d'Imerintsiantosika et de Talata Volonondry (zones où *A. variegatum* est déjà présent) dans les semaines précédant le démarrage effectif des expériences.

L'étude expérimentale de terrain a débuté en avril (début de la saison sèche) et s'est terminée en novembre (début de la saison des pluies). Le suivi de l'infestation des bovins a commencé en mai et a pris fin en décembre. Et l'enquête sur la distribution d'*A. variegatum* a été réalisée entre les mois de juillet et de novembre, pendant les périodes où il n'y avait pas de contrôles des tiques installées sur le terrain à faire.

II.1.1.3. Présentation de la zone d'étude

II.1.1.3.1. Etude expérimentale avec les nymphes d'*A. variegatum* et suivi d'infestation de bovins

Ces deux activités ont été conduites dans les communes rurales de Talata Volonondry, de Mangamila et d'Anjozorobe qui se trouvent toutes sur le même axe, la RN 3 (voir **Figure 9**).



Figure 9: Localisation globale des trois sites d'étude (Source : Encarta, 2009)

II.1.1.3.1.1. Commune rurale de Talata Volonondry

a) Historique

Le nom « Talata Volonondry » signifie littéralement « Mardi, poils de moutons ». Pendant son règne, le roi Andrianampoinimerina créa, vers 1820, des marchés hebdomadaires dans divers hameaux qui prirent par la suite comme nom le jour du marché.

Citons par exemple : Alatsinainy Ambazaha, Talata Volonondry, Alarobia Ambatomanga,.... Sabotsy Namehana. Talata Volonondry fut un grand marché où l'on trouvait des produits de l'agriculture et de l'élevage. Un jour, l'une des 12 femmes du roi tomba malade et le guérisseur fit chercher un mouton blanc pour une offrande. Le Roi le trouva à Talata et sa femme fut guérie. Le village prit alors l'appellation « Talata Volonondry » [151].

b) Situation administrative et géographique

Talata Volonondry est une commune rurale du district d'Antananarivo Avaradrano, dans la région Analamanga et la province d'Antananarivo. Elle est située à 25 km au nord de la capitale, sur la route nationale n°3. Elle s'étend sur une

superficie de 110 km² dans laquelle se répartissent les 28 fokontany. La commune de Talata Volonondry est délimitée au nord par la Commune de Sahalemaka, au sud par la Commune de Manandriana, à l'est par la Commune d'Ampaneva et à l'ouest par la Commune d'Ambohimanga Rova [151]. Elle se situe à une latitude de 18°45' sud et à une longitude de 47°38'40" est.

c) Milieu physique

▪ Climat

Le climat de la commune est caractérisé par une saison sèche qui s'étend généralement d'avril à octobre. La saison des pluies dure le reste de l'année. Les précipitations sont abondantes à partir de décembre et jusqu'au février. La température moyenne se situe entre 25 et 28 °C et les minima et maxima sont respectivement de 09 °C en juillet et 32 °C en décembre [151].

▪ Hydrographie

Plusieurs rivières et cours d'eau traversent la commune. La rivière d'Ampasika qui serpente et traverse les bas-fonds de la partie sud de la commune fait partie des plus grandes rivières de la zone et contribue au développement de cette localité grâce aux produits d'eau douces qu'elle procure (poissons et autres).

La rivière de Mambakely se situe au nord – ouest. Ses rives forment un terrain favorable à certaines plantes (canne à sucre, bambou) et procurent un abri par excellence pour certains animaux (reptiles, oiseaux, insectes,...).

▪ Relief et pédologie

La commune de Talata Volonondry est caractérisée par un relief constitué par des collines et des bas-fonds. Les versants des collines sont pour la plus grande partie constitués par des sols ferrallitiques. Dans les bas-fonds, les sols ont des caractères hydromorphes favorables à la culture grâce à l'apport des alluvions provenant des collines.

▪ **Végétation**

La couverture végétale de la commune est formée par des forêts et des savanes qui recèlent des nombreuses richesses leur conférant ainsi une grande réputation.

d) Milieu humain et activités

Talata Volonondry abrite une population très diversifiée, constituée majoritairement par des Merina. La plupart des habitants sont des paysans qui vivent de l'agriculture et de l'élevage.

Plusieurs cultures y sont trouvées à savoir la riziculture, la culture de l'ail et de l'oignon, la culture des céréales (maïs) et la culture des tubercules (manioc, patate douce, pommes de terre, ...), etc. La culture du riz et celle du manioc sont les productions principales, occupant les plus vastes terres cultivées de la Commune. La culture de l'oignon y tient aussi une place importante car elle constitue la principale source de revenu pour les cultivateurs : 20 tonnes d'oignons sont produits sur la commune toutes les semaines.

D'autres secteurs d'activités sont présents à Talata, mais l'artisanat et le commerce sont moins développés que l'agriculture et l'élevage.

e) Infrastructure

Une des infrastructures présentes sur la commune est la route goudronnée RN3 qui la traverse. Il existe aussi deux centres hospitaliers (CSB II), deux dépôts de médicaments humains, des écoles pour tous les niveaux (sauf l'université), qu'elles soient publiques ou privées, un marché et une agence de « PAOSITRA MALAGASY », un poste de Gendarmerie.

La commune est dotée de l'électricité, mais l'accès y est très limité. Des bornes fontaines pour distribuer l'eau potable sont déjà installées dans certains fokontany. Comme infrastructure d'élevage, signalons qu'une pharmacie vétérinaire est implantée dans la commune depuis environ une dizaine d'années, et qu'il existe aussi un marché du bétail.

f) Elevage

Plusieurs espèces animales sont élevées dans la Commune. Citons les bœufs, les porcs, les lapins et les volailles, et même les abeilles, etc. Le **tableau I** représente l'effectif de certains de ces animaux. Dans la majorité des cas, l'élevage est de type extensif. C'est par exemple le cas des bovins qui sont envoyés dans le pâturage le matin pour s'alimenter, et sont ramenés dans leur parc de repos le soir.

Le but de l'exploitation des animaux varie d'une espèce à l'autre. Mais, la plupart d'entre eux sont exploités pour la vente. C'est le cas des volailles, des lapins mais surtout des porcs et des abeilles. Seuls les animaux qui ne seront pas vendus seront consommés par leurs propriétaires.

Tableau I : Effectif des principaux animaux élevés dans la Commune de Talata Volonondry

Espèces	Bovins	Porcs	Lapins	Volailles
Effectif	2750	1654	1445	17421

(Source : PCD de la commune, 2007)

En revanche, les bœufs sont exploités essentiellement pour les travaux agricoles et le transport des marchandises par charrettes. Le marché des bovins se tient toujours les mardis (jour de grand marché de la Commune).

La technique d'élevage qui reste encore traditionnelle constitue un frein empêchant son développement dans la commune. Les soins et l'entretien des animaux sont insuffisants, du fait probablement de la faiblesse du pouvoir d'achat ou du coût élevé des produits vétérinaires. Enfin, les pâturages, ou plus précisément les fourrages destinés aux ruminants et surtout aux bovins pendant la saison sèche, sont également insuffisants,...

II.1.1.3.1.2. Commune rurale de Mangamila

a) Historique

Dans le village, il y avait un lac dont une partie est de couleur bleu, « manga » en Malgache, qu'on voit encore jusqu'à aujourd'hui, et l'autre de couleur normale

(grise en général). Un homme appelé « RAZAKAMILA » habitait près de ce lac. Avant 1820, Ampasimpotsy était le nom du village, mais suite à ces petites anecdotes, il est devenu Mangamila [152, 153].

b) Situation administrative et géographique

La commune rurale de Mangamila fait partie du District d'Anjozorobe, région d'Analamanga et province d'Antananarivo. Elle se situe sur la route nationale n° 3, à 68 km au nord-est de la capitale de Madagascar, à 22 km au sud d'Anjozorobe. Elle a une superficie de l'ordre de 254 km² et est constituée de 19 fokontany. Elle se trouve à 18°34' de latitude sud et 47°51'44" de longitude est.

La commune rurale de Mangamila est délimitée par les communes rurales d'Anjozorobe au nord, d'Ankazondandy au sud, de Tsarasaotra et d'Alakamisy à l'est, et de Sadabe et d'Analaroa à l'ouest.

c) Milieux physiques et agronomiques

▪ Climat

La commune rurale de Mangamila dispose d'un régime climatique tropical caractérisé par deux saisons relativement distinctes dans l'année et d'un climat humide et froid. La saison des pluies, qui se déroule d'octobre à mars, est caractérisée par des pluies abondantes principalement entre novembre et mars. La saison froide, qui s'étend d'avril à août, se caractérise par le froid intense (comme le froid d'Antsirabe disait le Maire de la Commune) surtout entre juin et août, accompagné de pluies fines qui ne s'arrêtent généralement qu'en septembre [152].

▪ Relief et sol

La commune ne dispose pas de données sur les caractéristiques de son relief et de son sol. Mais, il est fort probable que la commune de Mangamila ait les mêmes caractéristiques, ou du moins des caractéristiques très proches, pour ce qui concerne son relief et son sol, que la commune d'Anjozorobe (voir **page 51**) compte tenu de la faible distance séparant les deux.

- **Végétation**

Les forêts de reboisement et naturelle caractérisent la végétation dans la commune. On y trouve aussi d'autres végétations comme les steppes et les savanes.

- **Hydrographie**

Quelques sources et rivières sont présentes dans la commune qui est traversée par la rivière Mananara. Sur cette dernière, dans le fokontany d'Ambohitsimiray, se trouve une chute de 100 m de hauteur appelée chute d'Andriampamaky. La chute d'Amipasatomanana (de 50 m de hauteur) au niveau de la rivière d'Andranomangatsiaka, se trouve à Ampotaka.

A l'ouest se trouve un plateau découpé par la rivière d'Andranomiditra (affluent de Sahavinaky), de direction sud-sud-ouest, et la rivière d'Antsahamalalaka-Ampitandambo s'écoulant d'ouest en est [153].

d) Milieux humains et activités

La commune de Mangamila présente une population ayant diverses caractéristiques sur les plans social, intellectuel et ethnique, etc. Parmi les nombreuses ethnies malgaches qui sont présentes, les Merina prédominent.

L'activité principale de cette population est l'agriculture grâce au vaste terrain cultivable disponible dans la commune, où diverses cultures sont adaptées. Parmi ces dernières, la riziculture est dominante et occupe plus de la moitié des terres cultivées. Presque la moitié de la production est destinée à la vente. La culture de manioc tient la deuxième place et les autres cultures (patates douce, haricots, pommes de terre, ...) sont complémentaires.

L'élevage est la deuxième source de revenu de la population après l'agriculture, surtout l'élevage des bovins et des porcs. Les autres activités (commerce, artisanat, ...) ne sont pas très développées.

e) Infrastructures

Dans la commune, de nombreuses infrastructures sont déjà mises en place. On y rencontre la route bitumée RN3 (qui traverse également la commune comme à Talata), des centres médicaux (02 CSB I et 01 CSB II), un dépôt de médicaments, des écoles publiques et privées pour le niveau primaire et le niveau secondaire mais seulement pour le premier cycle (collèges), une agence de « PAOSITRA MALAGASY », un poste de Gendarmerie.

D'autres infrastructures, comme l'électricité et les bornes fontaines pour la dotation d'eau potable, sont déjà présentes mais seuls quelques foyers de la commune en bénéficient. Pour l'élevage, il n'y a qu'une pharmacie vétérinaire comme infrastructure.

f) Elevage

Plusieurs espèces animales sont élevées dont le bœuf, le mouton, le porc, le poulet, abeilles, etc (voir **Tableau II**).

Tableau II : Effectif des animaux principalement élevés dans la Commune de Mangamila

Espèces	Bovins	Porcins	Volailles	Abeilles (ruches)
Effectif	4143	647	12463	135

(Source : PCD de la commune, 2006)

Le type d'élevage est généralement extensif. Le mode d'exploitation est encore traditionnel (pas de bâtiment spécial pour les animaux notamment les bovins, alimentation non rationnée, soin et entretien des animaux incorrects, etc.). Tout cela constitue un blocage pour le développement de l'élevage, en plus du manque ou de l'insuffisance d'encadrement des éleveurs par des professionnels, et de l'insuffisance des herbes pour les bovins surtout durant l'hiver.

Cependant, les éleveurs bénéficient de la présence d'un cabinet vétérinaire implanté au cœur de la ville. De plus, ils peuvent aussi se rendre à Anjozorobe où il y a un autre cabinet vétérinaire pour plus d'informations sur les soins de leurs animaux.

II.1.1.3.1.3. Commune rurale d'Anjozorobe

a) Historique

Le nom « Anjozorobe » est tiré de « Zoro » qui a un double sens. D'une part, un sens sacré, « zoro » voulant dire « angle sacré », la religion traditionnelle malgache considérant par excellence le nord-est comme le lieu saint où les Malgaches communiquent avec Dieu ou leurs ancêtres (razana en malgache).

D'autre part, un sens naturel, le milieu de la région se caractérisant par la prédominance de roseaux dans les marais, « zozoro » en malgache. D'où la traduction d'Anjozorobe par « là où il y a beaucoup de roseaux » [154].

b) Situation administrative et géographique

La Commune d'Anjozorobe se situe à 90 kilomètres au nord de la capitale de Madagascar en suivant la RN 3, sur la rive droite de la rivière Mananara, affluent du fleuve Betsiboka [154]. Elle fait partie du district éponyme, région Analamanga, province d'Antananarivo. Sa superficie est estimée à 512 km², dans laquelle sont regroupés 24 fokontany [155].

Cette commune se situe à une longitude est de 47° 53' et une latitude sud de 18° 24'. Elle est bordée à l'est par la province de Toamasina, au nord par la province de Majunga, à l'ouest par le District d'Ankazobe, et au sud par le District de Manjakandriana [154].

c) Milieu humain et activités

La population d'Anjozorobe est composée de plusieurs groupes ethniques (Betsileo, Sihanaka, Sakalava, Merina,...). Mais, l'ethnie Merina occupe majoritairement le territoire. La majeure partie de cette population est constituée de paysans qui dépendent donc étroitement de l'agriculture et de l'élevage pour survivre.

Dans la commune, le riz constitue la principale culture, pratiquée par presque toute la population, suivie de la culture de manioc. Les autres cultures (la patate douce, le maïs, les haricots, le tabac, ...) y existent, mais elles sont minoritaires.

Après l'agriculture, c'est l'élevage qui contribue au développement économique de la commune. Les autres activités comme le tourisme (par la présence du couloir forestier d'Anjozorobe – Angavo), l'artisanat, le commerce sont moins développées.

d) Milieu physique

▪ Climat

La région d'Anjozorobe dispose d'un climat tropical de type humide et frais. La température minimale est comprise entre 7 et 13 °C pendant le mois de juillet (mois le plus froid) et la température moyenne maximale est de l'ordre de 27 °C en novembre (mois le plus chaud).

Une saison chaude et pluvieuse à partir du mois d'octobre et jusqu'au mois d'avril, et une saison froide accompagnée de fines précipitations fréquentes d'avril à septembre caractérisent le climat de la région.

En moyenne, les précipitations moyennes annuelle et mensuelle sont respectivement de 1237 mm et de 237 mm. Les pluies sont beaucoup plus abondantes entre décembre et février [155].

▪ Relief

Le relief d'Anjozorobe est distinctif des hautes terres centrales de l'Imerina. On y trouve trois grandes unités géomorphologiques. Vers l'est, le relief est caractérisé par une architecture plus accidentée, limitée par la falaise de l'Angavo qui est une faille constituant la frontière naturelle des provinces d'Antananarivo et de Tamatave.

Au centre et à Anjozorobe-ville, on trouve de vastes bancs de rizières qui tapissent le fond des vallées entre lesquelles se succèdent les « tanety », des collines de gneiss. Vers le nord et à Anosivolakely, c'est le domaine des « tampoketsa », des croupes latéritiques sujettes au phénomène de l'érosion [154].

▪ Pédologie

Selon l'étude sur le couloir forestier d'Anjozorobe –Angavo qui fait partie de la région d'Anjozorobe, le sol est de type ferrallitique avec des horizons jaunes à noirs. Il

s'agit d'un sol acide, généralement riche en azote et de texture limono-sableuse et de structure grumeleuse. Il est moyennement riche en matières organiques [156].

▪ **Hydrographie**

Par la présence du couloir forestier d'Anjozorobe–Angavo, la commune possède certaines caractéristiques hydrographiques. On y observe la rivière d'Ambohimanga qui se jette vers le Mangoro, et les rivières de Mananara et de Mananta qui rejoignent la Betsiboka [156]. Ce couloir sert d'ailleurs de lit sur les fleuves qui débouchent sur la côte et son paysage accidenté a créé les chutes d'Ambohimanga sur le fleuve Mananara [154].

▪ **Végétation et forêt**

Dans la commune, on trouve des forêts naturelles et artificielles (où poussent des eucalyptus, pin...), ainsi que des jungles. Il y existe également des steppes et des savanes. En ce qui concerne le couloir forestier d'Anjozorobe–Angavo, la forêt est du type humide de moyenne altitude.

La formation végétale est du type forêt dense ombrophile, de l'étage de moyenne altitude (Humbert, 1955 cité par Raselimanana & Goodman [156], ou constituées de forêts sempervirentes (Schatz, 2000, cité par Raselimanana & Goodman [156]).

e) Infrastructures

Comme à Talata et à Mangamila, la route bitumée RN3 est une des infrastructures installées dans la commune d'Anjozorobe, où elle se termine d'ailleurs. De plus, la commune dispose de deux CSB I, deux CSB II, un CHD I et de deux dépôts de médicaments, des écoles (privées et publiques) pour tous les niveaux à part l'université, un CISCO (Circonscription Scolaire), un poste de Gendarmerie, une agence de « PAOSITRA MALAGASY » et un marché.

Quelques-uns des fokontany de la commune sont dotés d'électricité et d'eau potable (par les bornes fontaines). Pour l'élevage, une pharmacie vétérinaire et une tuerie sont les infrastructures existantes.

f) Elevage

Les espèces animales rencontrées dans la commune sont en nombre. On y trouve les bovins, ovins, porcins, volailles, les abeilles, etc. Les « poulets gasy » (race locale) sont les plus nombreux, puis les porcs et enfin les bovins (voir **Tableau III**). Dans la commune, il y a un cabinet vétérinaire sous la charge d'un Docteur vétérinaire aidé de ses agents techniciens.

L'élevage dans la commune est généralement de type extensif pour la plupart des espèces animales. La conduite des animaux n'est pas correcte. En effet, l'habitat n'est pas conforme à la norme (pas de toit, ni de mûrs, ...) surtout pour les bovins, l'alimentation est relativement médiocre (insuffisante, apports nutritionnels déséquilibrés, ...), etc. Cela est dû probablement au faible pouvoir d'achat ou à l'insuffisance de formation par les professionnels, empêchant ainsi l'élevage de se développer.

La plupart des espèces animales (surtout les porcs et les poulets) sont exploitées pour compléter la source de revenus des ménages. En revanche, l'exploitation des bovins a principalement pour but d'aider leurs propriétaires dans l'agriculture et d'assurer le transport des marchandises.

Tableau III : Effectif des espèces animales principalement élevées dans la Commune d'Anjozorobe et nombre de leurs éleveurs

Espèces	Effectif	Nombre des éleveurs
Bovins	839	135
Porcins	1900	245
Ovins	105	19
Poulets gasy	27406	578
Apiculture (ruches)	195	59

(Source : Commune, 2012)

II.1.1.3.1.4. Les sites d'étude proprement dits dans les trois communes

a) Commune de Talata Volonondry

A Talata, l'étude a été réalisée à Masoandro, un village du fokontany d'Ambatomahamanina, situé à 6 km environ au sud de la RN3. Le site se situe à 1415 m d'altitude, à une latitude est de 47° 37'56" et à une longitude sud de 18°47'10".

b) Commune de Mangamila

Le site d'étude à Mangamila s'appelle Ambohibe, un village du fokontany Ampotaka, et se trouve à 2 km au sud de ce dernier, sur la droite de la RN 3 en se dirigeant vers Anjozorobe. Le site se trouve à une altitude de 1410 m, à une latitude de 47°51'52" est et une longitude de 18°36'31" sud.

c) Commune d'Anjozorobe

Dans cette Commune, on a réalisé l'étude dans le village de Mananta qui fait partie du fokontany Masakalina. Ce village se trouve à 2 km au nord de Masakalina. Le site se localise à une altitude 1216 m, à une latitude de 47°53'21" est et une longitude de 18°19'16" sud.

II.1.1.3.2. Enquête sur la distribution d'*A. variegatum*

Cette activité a été menée dans les régions d'Anjozorobe et du Vakinankaratra.

II.1.1.3.2.1. Région d'Anjozorobe

Les caractéristiques de cette zone ont été déjà décrites précédemment.

II.1.1.3.2.2. Région du Vakinankaratra

a) Caractéristiques géographiques et administratives

Cette région est composée de sept districts : Ambatolampy, Antanifotsy, Antsirabe-I, Antsirabe-II, Betafo, Faratsiho et Mandoto (district nouvellement créé) [157]. La carte ci-après représente la localisation géographique de la région.

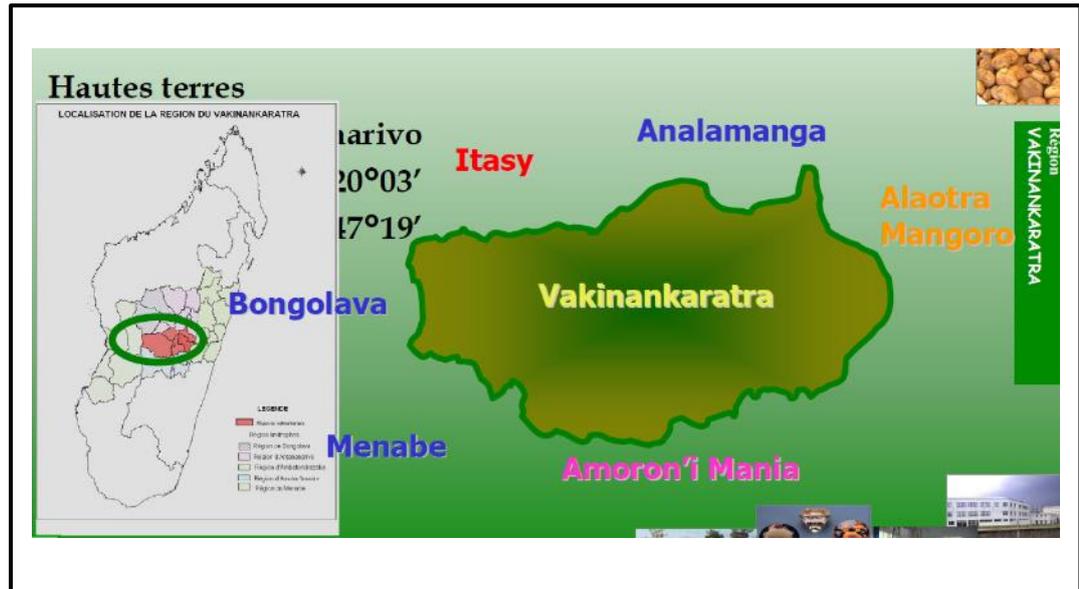


Figure 10 : Localisation de la région du Vakinankaratra (Source : PRD Vakinankaratra)

b) Milieu humain

La population totale de la région du Vakinankaratra est de 1.864.486 habitants, avec une densité de 97,44 habitants/km² [157]. Les caractéristiques démographiques varient d'un district à l'autre (voir le tableau ci-après).

Tableau IV : Répartition de la population de la région du Vakinankaratra

Sous-préfecture	Nombre de population résidente	Densité (hab/km ²)	Pourcentage par District
Ambatolampy	290.307	169,87	15,57
Antanifotsy	345.556	100,89	18,53
Antsiarabe-I	225.516	1254,75	12,10
Antsirabe-II	397.020	143,38	21,29
Betafo	272.348	59,12	14,61
Faratsiho	179.561	89,11	9,63
Mandoto	154.178	34,26	8,27

(Source : Région du Vakinankaratra, 2008)

c) Milieu physique

▪ Relief et sol

La région du Vakinankaratra fait partie des hautes terres malgaches. Elle se caractérise par la présence de 3 formations naturelles. Le massif volcanique

d'Ankaratra est situé au centre. On y trouve la plus haute altitude de la région, culminant à 2644 m, le Tsiafajavona. Au sud, l'Ankaratra a donné une série d'effondrements dans sa partie occidentale, favorisant la formation de dépressions à fond alluvial présentant de nombreux cratères et lacs.

La zone méridionale dominée par la chaîne de l'Ibity est constituée d'une succession de petites cuvettes au sol sableux, jonchée de blocs de quartzite de toutes tailles. Le Moyen Ouest du Vakinankaratra est constitué par la pénéplaine de Mandoto-Anjomà Ramartina où l'altitude est très faible (1000 m).

Dans cette région, deux types de sol prédominent. Les sols ferralitiques couvrent une grande partie de la zone. Diverses cultures y sont possibles : maïs, manioc, pommes de terre et arboriculture. Les sols alluvionnaires constituent quant à eux les bas-fonds où se font la culture du riz et la culture de contre-saison.

▪ Végétation

La surface couverte par la forêt primaire est très réduite car, du fait de la dégradation, il ne reste plus que quelques lambeaux de forêt. On trouve dans les bas-fonds, les marais à jonc, parfois à Viha, et quelques forêts galeries en voie de disparition.

▪ Climat

Au cours de l'année, trois saisons bien distinctes sont observées : une saison pluvieuse et moyennement chaude entre novembre et mars ; une saison fraîche et relativement sèche entre mai et septembre ; et une saison fraîche et relativement froide entre avril et octobre. Cette région, située à plus à 900 m d'altitude, suit un régime climatique tropical de montagne.

La température moyenne annuelle se situe autour de 13° C dans les zones élevées de l'est et du centre, la sous-préfecture d'Antanifotsy ayant une moyenne de 13°7 avec des maxima de 25°8 et des minima de 1°C. Par contre, dans le moyen-ouest, la sous-préfecture de Betafo enregistre une moyenne annuelle de température de 21° C avec des maxima de 30°8 C et des minima de 10°2 C.

Les précipitations moyennes annuelles sont de 1505,9 mm en 109 jours, ces données étant précisées juste à titre indicatif à cause des différences existant entre les divers sites de la région. Aucun mois sec n'est observé sauf dans le moyen-ouest.

▪ Hydrologie

Dans l'ensemble, le réseau hydrographique de la région du Vakinankaratra est dense et assez hiérarchisé. La région est traversée par la fleuve Mahajilo et ses affluents (la Mania, la Kitsamby, la Sakay) ainsi que par le Bas Mangoro et son affluent (Onive) [158].

d) Infrastructures

La région du Vakinankaratra dispose aussi bien de centres médicaux publics que privés : Centres Hospitaliers de District niveaux I et II (CHD1 et CHD2), Centres de Santé de base niveaux 1 et 2 (CSB1 et CSB2). Dans cette région, Antsirabe I est la sous-préfecture où la couverture médicale est la plus satisfaisante. Elle est par exemple la seule sous-préfecture disposant de CHD2 et presque tous les types de centres médicaux (publics et privés) y sont présents. Cependant, chaque District est doté d'au moins 6 centres sanitaires.

Il y a environ 1972 établissements scolaires (publics et privés) qui se répartissent dans les 7 sous-préfectures de la région du Vakinankaratra : 1738 EPP (71 non fonctionnelles) ; 193 CEG fonctionnels ; et 40 Lycées. Le District d'Antanifotsy dispose de nombreuses EPP (n = 379), alors que les CEG (n = 45) se localisent surtout dans le District d'Antsirabe II et que les lycées (n = 15) sont localisés principalement dans le District d'Antsirabe I.

En plus des lycées techniques et des formations professionnalisantes en agriculture (TOMBOTSOA, CFAMA), la région bénéficie aussi de la présence d'autres formations techniques (Mécanique auto, ...). L'enseignement supérieur a connu une évolution ces dernières années dans la région du Vakinankaratra. On y trouve du télé-enseignement, sept universités privées (6 à Antsirabe I et 1 à Antsirabe II).

La région n'est pas très bien pourvue en matière de consommation d'eau potable et d'électrification, la distribution par le réseau JIRAMA étant généralement faible. Dans les zones rurales, ce sont les puits particuliers et les rivières qui assurent essentiellement l'approvisionnement en eau [157].

e) Agriculture

L'agriculture, comme partout sur l'île, constitue l'activité principale de la région. Les conditions agro-climatiques et humaines permettent une vaste gamme de cultures. Les sous-préfectures peuvent être regroupées en deux types selon leurs cultures prédominantes.

Le premier type, caractérisé par la culture de haricots, de pommes de terre et de patates, est observé dans les Districts de Betafo et de Faratsiho. Le second type concerne principalement les sous-préfectures d'Antanifotsy et d'Antsirabe II, et est identifié par les cultures sèches et le riz qui sont représentés à part égale.

La surface cultivable dans la région totalise jusqu'à 344.011 ha dont 197.045 ha sont cultivées (soit 57,28%). La plus grande partie de ces surfaces cultivées (90%) est occupée par les cultures vivrières. Les principales cultures sont constituées par le riz, le manioc, le maïs, la patate douce, le haricot et la pomme de terre [158].

f) Elevage

L'étendue de ses parcours, sa position charnière par rapport à d'autres régions et son climat font du Vakinankaratra une région favorable à l'élevage à tous points de vue. Ainsi, presque tous les élevages y sont observés : bovins, porcs, volailles, petits ruminants, chevaux, pisciculture, sériciculture, etc. Le tableau ci-après montre l'effectif de certaines de ces espèces.

Tableau V : Effectif des espèces principalement élevées dans la région du Vakinankaratra

Espèces	Effectif
Bovins	296.300
Porcs	57.900
Volailles	1.791.000
Ovins	4950
Caprins	710
Equins	270

(Source : DIRA Vakinankaratra 2001)

La région se caractérise par sa longue tradition laitière grâce à son climat, sa topographie et l'intervention de plusieurs opérateurs. Dans la région, on observe deux zones d'élevage de bovins : la zone ouest, à vocation d'élevage bovin extensif (Betafo ouest) et qui est surtout un lieu de commercialisation des zébus ; et la zone laitière, constituée principalement des districts d'Antsirabe II, d'Antanifotsy, de Faratsiho et d'Ambatolampy.

L'élevage de bovins dans l'ensemble de la région est de type traditionnel, sauf au niveau des grands opérateurs des fermes laitières où l'élevage est de type intensif. Les bovins sont exploités soit pour la production (travaux de culture, de transport et en même temps pour le fumier), soit en tant que source de revenu. Les contraintes de cette filière sont constituées par la raréfaction des pâturages, l'insécurité (surtout pour le cheptel de l'ouest de la région) et les maladies entre autres le charbon symptomatique, la fasciolose, ...

Parmi les autres élevages, signalons l'aviculture qui a connu un développement notable dans toutes les régions en compensation de l'élevage porcin décimé par la PPA (Peste Porcine Africaine). On observe l'élevage de pondeuses et de poulets de chair aussi bien chez les grands que chez les petits éleveurs [158].

II.1.2. Type et période d'étude

Il s'agit d'une étude prospective réalisée entre mois de mai et novembre 2010 ; l'expérience avec les nymphes et le suivi d'infestation des bovins étaient des études de cohorte et l'enquête sur la distribution des tiques était une étude transversale.

II.1.3. Populations de l'étude, critères d'inclusions et critères d'exclusion des sujets

II.1.3.1. Etude expérimentale avec les nymphes d'*A. variegatum*

La population de l'étude est constituée par les nymphes de la tique *A. variegatum* collectées au laboratoire. Le critère d'inclusion des nymphes suivies au cours de l'expérience était le gorgement, alors que les nymphes non gorgées n'étaient pas récoltées (critères d'exclusion).

II.1.3.2. Suivi d'infestation de bovins

La population de l'étude pour cette activité est constituée par des bovins choisis au hasard parmi les animaux appartenant aux éleveurs des villages concernés par ce suivi et n'ayant pas été traités avec un acaricide au cours des semaines précédant l'étude (critère d'inclusion). Les bovins traités avec un acaricide sont donc exclus de l'étude, ainsi que les femelles gestantes (risque d'avortement lors de couchages répétés) et les veaux trop jeunes (peu attractifs pour la tique).

II.1.3.3. Enquête de distribution de la tique

L'échantillon est constitué dans ce cas par les villages où l'enquête, consistant en un entretien avec plusieurs éleveurs de la place, a été menée. Tous les villages où il y a des éleveurs de ruminants ont été visités (critère d'inclusion) tandis que les villages où aucun éleveur de ruminants n'est présent ne l'ont pas été (critère d'exclusion).

II.1.4. Mode d'échantillonnage et taille de l'échantillon

Pour l'étude expérimentale et l'enquête de distribution de la tique, le mode d'échantillonnage est de type exhaustif alors que pour le suivi d'infestation, il est de type aléatoire. La taille de l'échantillon variait selon les activités. Au cours de l'étude expérimentale, en tout, 1975 nymphes gorgées d'*A. variegatum* ont été installées dans les trois sites : soit 657, 658 et 660 nymphes respectivement à Ambohife, à Mananta et à Talata). Pour le suivi d'infestation, 15 bovins ont été suivis dans les trois sites (soit 5 animaux par site). Et en ce qui concerne l'enquête de distribution de la tique 184

villages ont été enquêtés dont 126 dans la région d'Anjozorobe et 58 villages dans la région du Vakinankaratra.

II.1.5. Variables étudiées

Les variables étudiées étaient également différentes en fonction des activités considérées :

- Etude expérimentale : températures et humidités enregistrées dans les sites, survie des tiques et vitesse de métamorphose des nymphes en adultes
- Suivi d'infestation de bovins : niveau d'infestation de bovins
- Enquête de distribution de la tique : altitude de la zone enquêtée et présence ou absence de la tique dans la zone

II.1.6. Mode de collectes des données

Au cours de l'étude de cohorte destinée à déterminer la survie des tiques, les nymphes gorgées au laboratoire du FOFIFA-DRZV (voir ci-dessous) ont été installées sur les sites expérimentaux dans des cages (dimensions : 50 × 50 × 50 cm) constituées d'une armature métallique recouverte de tissu moustiquaire sur toutes ses faces sauf sur la face inférieure, ce qui permettait aux tiques de se cacher dans le sol sur lequel les cages étaient placées.

Chaque cage était numérotée et un plan de leur disposition sur le site d'étude était dressé. Sur chaque site, près des cages, un enregistreur de température et d'humidité (Tinytag®) et un pluviomètre (Watchdog®), réglés pour collecter les informations tous les quarts d'heures, ont été installés. Les données enregistrées ont été relevées deux fois (en juillet et en novembre) au cours de l'étude.

Les tiques gardées au laboratoire étaient placées dans une étuve permettant de les conserver dans des conditions contrôlées de température et d'humidité afin d'assurer correctement leur développement et leur survie. Un bac contenant une solution saline saturée de chlorure de potassium KCl y était placé pour obtenir l'hygrométrie souhaitée (85%) et une sonde y était aussi installée pour évaluer la

température en permanence. Les tiques collectées sur le terrain, sur les animaux ou dans les cages, étaient examinées et identifiées grâce à une loupe binoculaire.

Lors de l'enquête sur la distribution de la tique, les déplacements dans les villages ont été effectués avec utilisation d'une carte et d'un GPS afin de noter les coordonnées géographiques exactes (altitude, longitude et latitude) de chaque zone d'enquête.

II.1.7. Réalisation des activités

II.1.7.1. Suivi de la métamorphose et de survie des nymphes d'*A. variegatum*

L'expérience consistait à installer des nymphes gorgées dans des cages métalliques recouvertes de tulle moustiquaire sur les trois sites, puis à suivre leur métamorphose et leur survie pendant environ 6 mois.

II.1.7.1.1. Elevage des tiques au FOFIFA-DRZV à Ampandrianomby

Quelques mois avant l'étude expérimentale, une souche d'*A. variegatum* a été mise en élevage au laboratoire du FOFIFA-DRZV à Ampandrianomby.

→ Utilisation de l'étuve

Pour toutes les stases d'*A. variegatum*, comme pour les autres espèces de tiques (*Rh. (B) microplus* et *O. porcinus domesticus*), les mêmes conditions de température et d'humidité relative concernant l'incubation en etuve ont été appliquées. On a essayé de maintenir la température autour de 27°C et l'humidité relative à 85%, mais comme le thermostat n'était pas très sensible, les conditions obtenues ont constamment varié autour de ces valeurs.

Dans l'étuve, était placée une solution saline saturée de KCl (chlorure de potassium) qui permet (en théorie) de garder l'humidité à 85% : chaque solution saline saturée permet en effet d'obtenir un RH différent. Un même volume d'eau est rajouté régulièrement dans le bac contenant la solution pour éviter l'évaporation. Du lundi au vendredi, la porte principale (la porte intérieure restant toujours fermée) de l'étuve

était ouverte pendant la journée (de 08 h à 17 h) pour permettre une aération et un éclairage. La température évaluée par une sonde placée dans l'appareil était relevée chaque matin (sauf les jours fériés), alors que l'humidité relative était relevée tous les 2 ou 3 mois, en fonction du réglage préalable de l'enregistreur installé dans l'enceinte (qui enregistrait et stockait en mémoire T° et RH toutes les 15 minutes).

→ **Mise en ponte des femelles et incubation des œufs**

Les femelles gorgées à l'origine de la souche de tiques utilisées durant l'expérience ont été récoltées à Tsiroanomandidy et Kianjasa sur des bovins infestés naturellement. Elles ont été transportées dans des flacons à bouchon ajouré, bouchon sous lequel on met un morceau de moustiquaire (**Figure 11**), dans lesquels un peu de papier humide (papier essuie-tout ou papier hygiénique) a été placé pour ne pas risquer la dessiccation. La ponte des femelles commençant 10 jours après leur chute [7], leur transport doit être effectué dans un délai plus court.



Figure 11 : Flacons de transport des tiques *A. variegatum*

Avant l'expérience, plusieurs femelles d'*A. variegatum* ont été mises en ponte. Leurs œufs ont été collectés tous les 5-7 jours par lots de 1000 à 3000 et mis dans des tubes. Les œufs ne sont pas comptés mais, comme on sait qu'un œuf pèse à peu près 0,0001 g, chaque tube est rempli par 0,1-0,3g d'œufs environ.

L'incubation des œufs dure 50 j dans les conditions supposées optimales [7]. Lors de la présente étude, cette durée était d'un peu plus de 2 mois car la température

adoptée était un peu plus basse pour ne pas risquer de trop chauffer les tiques. Chaque tube est étiqueté (avec la date de collecte) et bouchonné à l'aide de coton avant d'être placé dans l'étuve.

→ **Mise en gorgement des larves et des nymphes**

Les larves écloses sont installées sur des oreilles de mouton, de chèvre ou de lapins (un tube par lapin ou un tube par oreille de ruminant) pour se gorger en vue d'obtenir des nymphes. Les tubes de tiques sont placés dans des sacs en tissu fixés par une colle néoprène à la base des oreilles et renforcés par du sparadrap, l'extrémité étant fermée par des bracelets en caoutchouc (un sac par oreille pour les ruminants (**Figure 12**) et un sac pour les deux oreilles pour les lapins).

Les larves gorgées sont récoltées à partir de 7^{ème} jour suivant leur installation et pendant 3 jours. La collecte était faite tous les jours dans la matinée. Dans l'étuve, les larves se sont transformées en nymphes en environ 3 semaines. Les nymphes étaient mises à gorger, par lots de 30 à 100 suivant les hôtes, sur les chèvres, les moutons et les lapins.

La collecte des nymphes gorgées était réalisée dans l'après-midi, en lien avec les conditions naturelles de leur détachement, à partir du cinquième et jusqu'au septième jour de fixation. Si le gorgement des femelles puis des larves a été entamé 4 mois avant le début des expériences de terrain, la mise en gorgement des nymphes a été faite environ une semaine avant l'installation des tiques gorgées sur les sites afin qu'elles ne commencent pas leur développement dans les conditions prévalant dans le laboratoire.



Figure 12 : Chèvre équipée de sacs dans lesquels sont placées les nymphes d'*A. variegatum* à gorger

→ **Collectes des larves et nymphes sur les lapins et les petits ruminants**

Pour collecter les tiques gorgées sur lapin, ce dernier est placé sur une table au-dessus d'une nappe de couleur claire pour bien voir les tiques qui s'échapperaient, puis les caoutchoucs qui ferment le sac sont détachés. Une personne prend l'animal par ses quatre pattes pour le retourner et diriger ses oreilles vers une cuvette (ou un plat large) dans laquelle les tiques gorgées détachées vont se verser. Les deux oreilles sont tapotées pour faire tomber les tiques déjà gorgées mais qui ne se seraient pas encore détachées. Enfin, l'intérieur du sac étant bien regardé pour vérifier qu'il n'y en a pas d'autres.

Sur les ovins et les caprins, la collecte se fait comme suit : une personne assure la contention de l'animal et une autre récupère les tiques en mettant une cuvette en-dessous de l'oreille de l'animal de manière à ne pas perdre les tiques qui en tombent (voir **Figure 13**). Si les tiques ne tombent pas toutes seules, encore une fois, l'oreille étant tapotée pour les faire tomber dans la cuvette. La collecte se termine par l'exploration de l'intérieur du sac en le repliant vers le haut pour récupérer les tiques déjà gorgées mais pas encore tombées qui doivent être arrachées manuellement.



Figure 13 : Contention de chèvre durant la mise en gorgement des tiques ou leur collecte (à gauche), et méthode de collecte des larves ou des nymphes gorgées d'*A. variegatum* (à droite)

Après la collecte, des lots de 200 à 300 larves gorgées sont faits par tube qui portera une étiquette sur laquelle est inscrite la date de collecte. Avec les nymphes gorgées, qui seront placées sur le terrain 1 à 3 jours après la récolte, des lots de 30 nymphes sont faits par flacon (exceptionnellement, quelques lots de 29 nymphes ont été constitués par manque de tiques ; voir plus loin).

II.1.7.1.2. Réalisation de l'expérience sur les sites d'étude

→ Installation des cages et des enregistreurs météorologiques

Sur chaque site, les cages ont été installées dans un endroit supposé favorable à la survie d'*A. variegatum*, c'est-à-dire présentant une couverture herbacée faite de touffes d'herbes et de débris végétaux, et connu pour être en temps normal fréquenté par les bovins.

Les cages étaient installées de manière à ce que les tiques ne puissent pas en sortir : le sol était creusé sur 3 à 5 cm de profondeur sur un carré correspondant au cadre inférieur de la cage, puis les quatre pieds de la cage dans les coins de ce carré étaient enfoncés, et enfin de la terre était remise pour reboucher les tranchées qui avait été creusées pour terminer l'implantation.

Les cages étaient implantées à différentes distances les unes des autres, en fonction de la densité des touffes d'herbe. Comme le micro-habitat influence considérablement la survie des tiques, une attention particulière a été portée pour qu'il y ait au moins deux ou trois touffes avec des débris végétaux dans chaque cage.

Les enregistreurs météorologiques ont été installés dans le même endroit que les cages sur chaque site sauf à Ambatomahamanina où l'enregistreur de température et d'humidité a dû être déplacé dans le village de l'éleveur collaborateur (situé à 2 km environ du site), car le premier appareil installé près des cages a été volé par quelqu'un après quelques semaines.

L'enregistreur de température et d'humidité a été placé sous une pile d'assiettes en plastique blanc percées pour le protéger des rayons solaires et des pluies et accroché à un eucalyptus, sous les feuilles, dans chacun des sites. Par contre, l'enregistreur de pluies (pluviomètre) a été implanté dans un endroit sans abri, bien exposé. La **figure 14** illustre ces appareils.



Figure 14 : Enregistreurs de température et humidité (à gauche) et de pluies (à droite) installés près des cages

→ Installation des nymphes

Quatre cohortes (ou séries) de nymphes, installées à quatre semaines d'intervalle, ont été étudiées au cours de l'expérience, couvrant toute la période

d'activité de ces tiques. Le nombre de cages utilisées variait d'une cohorte à l'autre, s'élevant respectivement à 7, 6, 5 et 4 cages dans les trois zones d'étude pour les séries 1 à 4.

Dans chaque cage, on a déposé 30 nymphes gorgées sauf pour 5 cages de la série 2 dans lesquelles 29 nymphes ont été installées (2 placées à Mananta et 3 à Ambohibe). Cette réduction a été rendue obligatoire par le nombre insuffisant de nymphes gorgées disponibles au moment de leur installation (voir **Annexes I : tableaux I, II et III**).

Les cages où ont été installées les nymphes ont été choisies par tirage au sort (chacune était numérotée) pour toutes les séries. L'installation se déroulait comme suit : les nymphes gorgées étaient déposées dans la cage, puis les parties libres de la moustiquaire étaient réunies au milieu en prenant successivement ses quatre bords, et enfin un nœud était fait avec une ficelle pour fermer la cage.

Une cage de chaque cohorte (choisie par tirage au sort) a été examinée toutes les trois semaines c'est-à-dire 3, 6, 9, 12,... semaines après l'installation des tiques (voir **annexe II**). Il s'agissait d'un examen destructeur qui consistait à rechercher partout dans la cage, à la base des touffes d'herbe, les tiques qui y avaient été déposées, bien sûr après avoir ouvert la moustiquaire qui fermait la cage.

Lorsque les tiques n'avaient pas été toutes trouvées par cette première approche, la cage était retirée de son lieu d'implantation pour fouiller la terre et les débris dans la cage. Enfin, parfois, ces derniers étaient tamisés au-dessus d'une cuvette pour retrouver les tiques manquantes (voir **Figure 15**). L'endroit où avait été implantée une cage n'était plus réutilisé pour installer d'autres cages.



Figure 15 : Examen des cages pour la recherche des tiques

Les tiques retrouvées ont été ramenées au laboratoire. Elles étaient placées en étuve afin de surveiller leur mortalité et/ou leur métamorphose. Ces tiques n'étaient plus remises sur le terrain.

→ **Contrôle de tiques placées en étuve**

Les tiques récupérées sur le terrain et placées en étuve ont été contrôlées toutes les semaines. Le contrôle consistait à vérifier l'aspect des nymphes afin de vérifier si elles étaient mortes ou vivantes (auquel cas, elles se transformaient en adultes après quelques jours ou semaines). Cet examen nécessitait parfois l'emploi d'une loupe.

II.1.7.2. Suivi d'infestation des bovins

II.1.7.2.1. Choix des bovins suivis et fréquence de contrôles

Pour réaliser le suivi, 5 bovins appartenant à différents éleveurs ont été choisis dans chaque site, sauf à Ambatomahamanina où ils appartenaient tous au même éleveur. Une seule consigne a été donnée aux propriétaires : ne pas traiter avec un acaricide ou détiquer manuellement les animaux choisis au cours du suivi. Le contrôle de l'infestation a été fait toutes les trois semaines. Chaque animal suivi a été numéroté et identifié par ses caractéristiques (sexe, robe, nom, âge,...).

II.1.7.2.2. Collectes des tiques sur les bovins

Pour ne pas se tromper dans l'identification des tiques, surtout pour éviter la confusion entre les nymphes gorgées d'*A. variegatum* et les femelles gorgées de *Rh. (B) microplus* qui se ressemblent un peu, toutes les tiques trouvées sur les bovins ont été collectées pour les examiner ensuite au laboratoire, avec une loupe.

Cette collecte était réalisée sur l'animal couché pour bien examiner les endroits difficilement accessibles comme les aisselles et la région inguinale qui constituent d'ailleurs les sites de prédilection des nymphes et des adultes d'*A. variegatum* (voir **Figure 16**).

Les tiques ramassées étaient mises dans un flacon contenant de l'alcool à 70° et une étiquette sur laquelle étaient mentionnées la date de la collecte, le nom du site et le numéro du bovin suivi.



Figure 16 : Méthode de collecte de tiques durant le suivi d'infestation de bovins

II.1.7.2.3. Identification au laboratoire des tiques collectées

L'identification consistait à déterminer l'espèce, la stase et le sexe de la tique. *A. variegatum* a été déjà décrite plus haut (voir **pages 4 à 9**). *Rh. (B) microplus* quant à elle, est caractérisée par un capitulum court et droit et les différentes stases se distinguent par certaines caractéristiques. La larve n'a que trois paires de pattes comme chez les autres espèces ; la nymphe ne présente pas de gonopore et a la forme de poire ; les adultes ont des pattes de couleur pâle et un large espace sépare la

première paire de pattes et la partie buccale [159]. Le mâle est de teinte rougeâtre, de plus petite taille par rapport à la femelle surtout lorsque cette dernière est gorgée, et son corps de forme ovale est couvert entièrement par le scutum. La femelle est de couleur brun clair qui se teinte de gris foncé après le gorgement, son corps est de forme ovalaire, large en avant à jeun puis rectangulaire à l'état gorgé. Une femelle gorgée (prête à pondre) mesure environ 10 mm. La **figure 17** montre l'identification des tiques sur la loupe binoculaire et les différents stades de *Rh. (B) microplus* sont illustrés par la **figure 18**.



Figure 17 : Identification des tiques sur la loupe binoculaire



Figure 18 : Larve à jeun, larve gorgée, nymphe, mâle face ventrale et dorsale et femelle semi-gorgée de *Rh. (B) microplus* (Selon Barré, 2010 cité par Marchal [160])

II.1.7.3. Enquête sur la distribution d'*A. variegatum*

II.1.7.3.1. Technique d'enquête

L'enquête consistait à interroger quelques éleveurs de chaque village visité sur la présence ou non de la tique *A. variegatum*. Pour faciliter l'approche et la discussion, quelques échantillons d'*A. variegatum* (nymphe, femelle gorgée et à jeun, et mâle) et de *Rh. (B) microplus* (femelle à jeun et gorgée et mâle), placés dans un flacon avec de l'alcool, avaient été apportés. Ces échantillons de tiques étaient montrés aux enquêtés à qui on demandait s'ils les connaissaient ou non.

Parfois, les tiques fixées (femelle de *Rh. (B) microplus* facile à arracher) sur les bovins présents ont été arrachées lorsque les éleveurs doutaient de leur connaissance et de leur capacité à distinguer les deux espèces (la confusion portant surtout sur la femelle gorgée de *Rh. (B) microplus* et la nymphe gorgée d'*A. variegatum*).

Après la série de questions (voir en **annexe II** le questionnaire d'enquête) autour de la tique, quelques particularités de la biologie d'*A. variegatum* et les mesures de lutte nécessaires étaient expliquées aux éleveurs présents. Par exemple, le cycle de vie de la tique et les différentes stades d'*A. variegatum* ainsi que leur période d'infestation respective étaient présentés, et les éleveurs étaient conseillés de traiter les animaux nouvellement introduits dans le troupeau et ceux qui se déplacent régulièrement d'une région à l'autre.

Au cours de l'enquête, il a été constaté que certains éleveurs connaissaient très bien certaines caractéristiques des deux espèces de tiques. Ils savaient par exemple que les adultes d'*A. variegatum* infestent les bovins pendant la saison des pluies et que *Rh. (B) microplus* est présent sur les animaux à n'importe quelle période de l'année.

Par ailleurs, ils savaient qu'*A. variegatum* possède un rostre plus allongé que celui de *Rh. (B) microplus*, ce qui le rend difficile à arracher, nécessite ainsi fréquemment de coucher le bovin pour le détacher et a un impact notable sur l'animal (blessure grave sur le site de fixation pouvant mener à sa destruction, surtout au niveau de la mamelle).

II.1.7.3.2. Zones d'enquêtes

Comme il a été mentionné précédemment, l'enquête a été réalisée autour du district d'Anjozorobe et dans certaines zones de la région du Vakinankaratra, surtout près d'Antsirabe. Avant d'entamer l'enquête dans ces deux zones, une visite de courtoisie auprès des autorités compétentes de l'élevage a été réalisée pour faciliter l'accès aux éleveurs.

Et dans les villages des deux zones, une visite a été rendue au chef de fokontany pour lui montrer la lettre d'introduction, avec le cachet du FOFIFA-DRZV, qui décrivait le détail de l'enquête. L'enquête a été toujours entamée dans le village le plus proche de la ville principale (point de départ) et a été arrêtée au niveau d'un village connu qu'*A. variegatum* y était présent.

→ Au niveau du district d'Anjozorobe

Dans cette zone, l'enquête a été faite avec une maille plus serrée, presque tous les terroirs et villages ayant été enquêtés. La région a été divisée en deux zones, la première ayant comme point de départ Anjozorobe, et l'autre Mangamila. A partir de ces lieux centraux, les parcours concernaient généralement les quatre directions (nord, sud, est et ouest) allant, dans les deux zones, jusqu'à 25 à 30 km pour rejoindre le village le plus lointain.

→ Au niveau de la région du Vakinankaratra

Dans cette région, l'enquête a été réalisée avec une maille moins serrée, sans se déplacer dans tous les villages. En effet, seule la situation globale de la région en ce qui concerne la répartition d'*A. variegatum* qui intéressait l'étude. Ainsi, les enquêtes n'ont été réalisées qu'au niveau de la ville centrale, dans les districts d'Ambatolampy, de Faratsiho, ainsi que dans les communes d'Ambohimandroso et d'Antanifotsy.

Les visites se faisaient soit en présence du vétérinaire de la zone, soit en présence de ses agents et de quelques éleveurs. En revanche, à Antsirabe, elles ont été effectuées dans les quatre directions en s'arrêtant presque dans tous les villages comme à Anjozorobe et à Mangamila.

II.1.8. Documentation

Les documents exploités pour la description de l'étude étaient surtout recherchés sur internet et dans des centres de documentation (à la bibliothèque du DESMV à Ambatobe et au FOFIFA-DRZV à Ampandrianomby).

II.1.9. Mode d'analyse des données

Pour l'étude expérimentale et le suivi d'infestation de bovins, diverses fiches d'enregistrements ont été utilisées pour collecter les données sur les sites d'étude. Par contre, les données de l'enquête ont été collectées par l'intermédiaire d'un questionnaire (voir **annexe II**). Pour traiter ces données, le logiciel MICROSOFT EXCEL 2010 et le logiciel XLSTAT 2009 ont été utilisés afin de calculer les différentes variables statistiques et de tracer les représentations graphiques.

II.1.10. Calculs statistiques utilisés et leurs conditions d'applications

II.1.10.1. Mesure de la tendance centrale

Comme tendance centrale, la moyenne a été surtout employée pour décrire la plupart des observations. Théoriquement, la moyenne est donnée par la formule suivante :

$$\text{Moyenne} = \sum x_i / N$$

Avec :

- ✓ X_i = Valeur de chaque variable et
- ✓ N = Nombre d'observation

II.1.10.2. Mesure de dispersion

La mesure de dispersion est un outil statistique permettant d'apprécier la dispersion ou la concentration des données. Comme mesure de dispersion, on peut utiliser l'étendue, la variance et l'écart-type. Dans cette étude, l'écart-type sera la seule mesure de dispersion employée. L'écart-type de l'ensemble des données collectées, présenté par le symbole E_T est donné par la formule ci-après :

$$E_T = \sqrt{\sum \frac{(x_i - m)^2}{n-1}}$$

Avec :

- x_i = la valeur de la variable selon l'observation
- m = la valeur de la moyenne
- n = le nombre d'observations

Dans un résultat, l'écart-type accompagne généralement la moyenne qui est présentée comme suit :

Moyenne : $m (\pm E_T)$

Dans la pratique, l' E_T faible indique que les valeurs d'une observation sont regroupées autour de la moyenne, tandis que l' E_T important signifie que ces valeurs sont très dispersées.

II.1.10.3. Autres mesures

Dans des nombreuses observations, le maximum, le minimum et la proportion ont été fréquemment dégagés. Le maximum se définit comme la valeur la plus élevée dans une observation donnée, alors que le minimum représente la valeur la plus faible pour cette même observation. Et la proportion est définie d'une manière simple comme étant la quantité relative d'un ou plusieurs éléments dans un ensemble. Dans cette étude, le taux de métamorphose avait deux formules puisqu'il se base sur deux critères différents :

- Si la cage examinée ne contenait plus des nymphes non métamorphosées :

Taux de métamorphose = nombre de tiques devenues adultes / nombre de tiques retrouvées vivantes dans la cage

- Si il y avait encore des nymphes non transformées dans la cage et on avait dû alors les mettre à l'étuve pour attendre leur métamorphose :

Taux de métamorphose = nombre de tiques devenues adultes dans la cage / nombre de tiques devenues adultes dans la cage + nombre de tiques vivantes dans l'étuve

II.1.11. Limites de l'étude

L'étude n'a pas pu étudier toutes les stases d'*A. variegatum*, se focalisant sur les nymphes. Au cours de l'enquête, quelques zones difficilement accessibles et très éloignées n'ont pas pu être parcourues.

II.1.12. Considérations éthiques

Lors de la présente étude, les bovins suivis au cours de suivi d'infestation ont été naturellement infestés. En ce qui concerne, l'étude expérimentale en cage avec les nymphes d'*A. variegatum* et l'enquête de distribution de la tique, les éleveurs des sites ont toujours été informés des buts de l'étude avant sa réalisation. Par ailleurs, à l'issue de l'expérience, des précautions ont été prises pour éviter l'infestation des sites en pulvérisant par un acaricide l'endroit où les cages des tiques ont été installées. Et, au laboratoire, les animaux utilisés pour produire les nymphes ont été bien soignés (déparasitage interne, vitamines) ; bien nourris et traités en cas de pathologie (blessure, infestation, infection,...).

II.2. RÉSULTATS

II.2.1. Suivi de métamorphose et de survie des nymphes d'*A. variegatum*

II.2.1.1. Données climatiques enregistrées

La température la plus basse n'a pas été observée à Ambohibe (site A où *A. variegatum* est encore absent), où elle fut de 6,8°C contre 5,5 et 5,7°C respectivement à Mananta (site M) et à Talata (site T). Cependant, la température journalière moyenne était plus basse à A: $14,7 \pm 2,8^\circ\text{C}$ contre $16,2 \pm 2,8^\circ\text{C}$ à M et $17,1 \pm 2,8^\circ\text{C}$ à T. La figure de la page suivante illustre l'évolution de la température moyenne journalière et celle de la température minimale journalière dans les trois sites du 30 juin au 15 novembre.

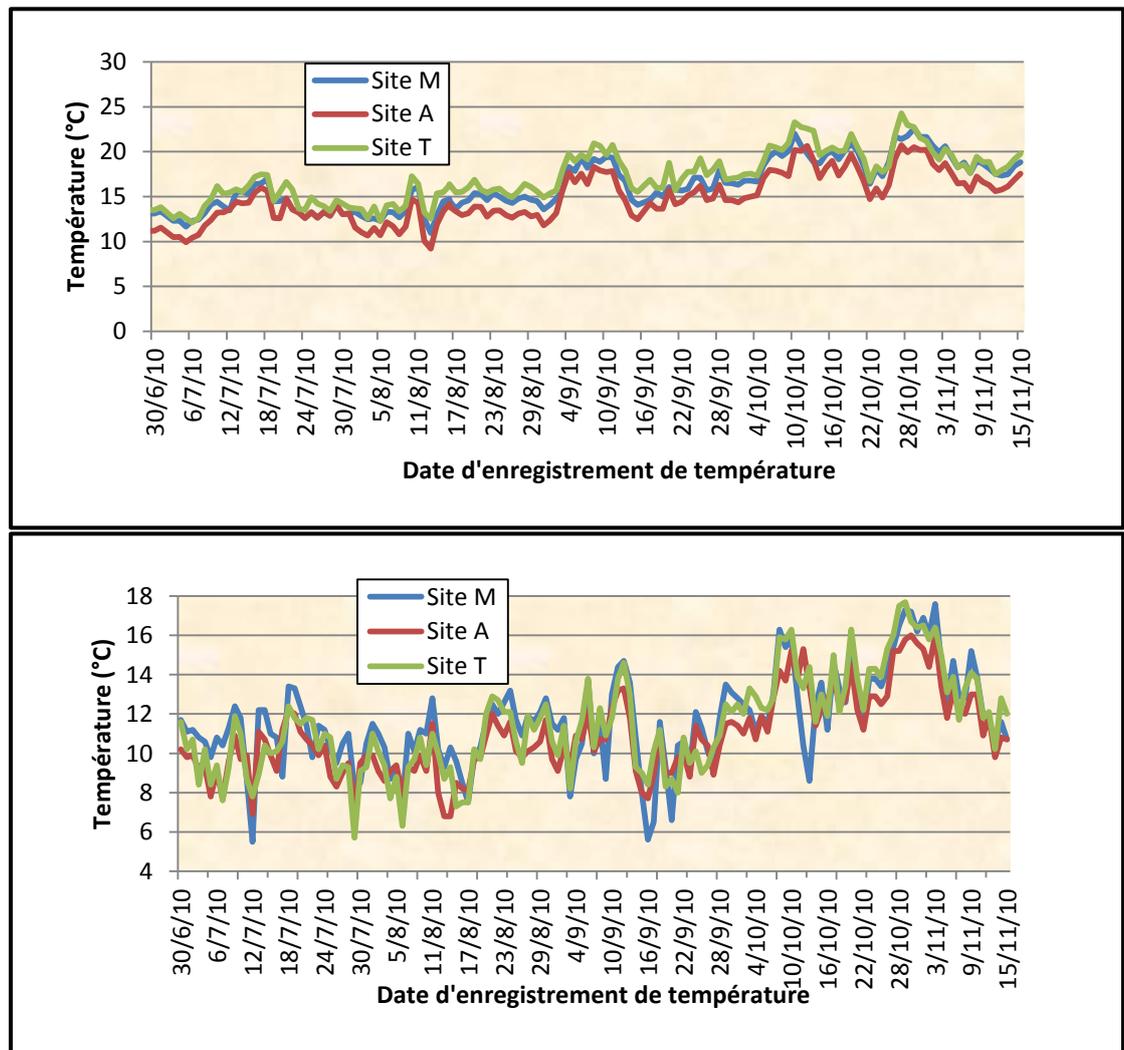


Figure 19 : Evolution de la température moyenne (graphique du haut) et minimale (graphique du bas) dans les trois sites

La faible température moyenne observée à Ambohibe s'explique par le fait que les heures froides y étaient plus nombreuses: entre le 20 juin et le 15 novembre, il y avait 2050 heures sous 15°C, 1290 heures sous 12,5°C et 275 heures sous 10°C. Dans les deux autres sites, les valeurs suivantes ont été observées respectivement : 1605, 755 et 105 à Mananta ; 1445, 740 et 155 à Talata. Le nombre des heures froides sous 10° C et sous 12,5° C, enregistré dans les trois sites entre 30 juin et 15 novembre est illustrée par la figure de la page suivante (**Figure 20**). Concernant la température maximale, la plus élevée a été observée à T où elle était de 36,1°C contre 31,2°C à M et 28,7°C à A.

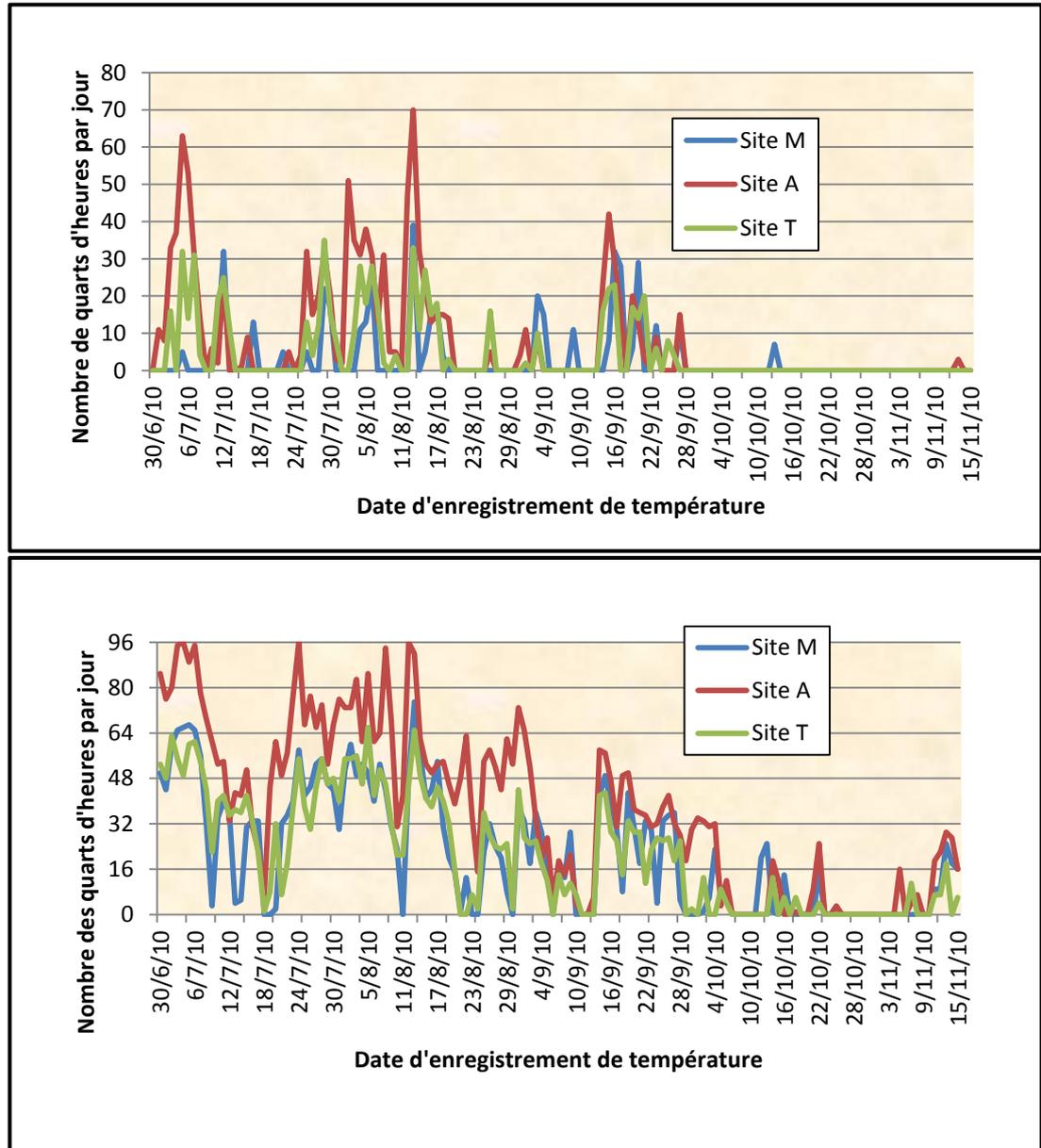


Figure 20 : Evolution du nombre des quarts d'heures pendant lesquels la température resta inférieure à 10° C (graphique du haut) 12, 5° C (graphique du bas) dans les trois sites; il y a 96 quarts d'heures par jour

Dans les trois sites, l'humidité présentait d'importantes variations, l'extrême (100%) ayant été atteint presque chaque nuit. Néanmoins, une humidité plus importante a été constatée sur le site A que sur les autres sites. En effet, il y avait dans ce site moins d'heures de faible humidité, 598 heures pour l'humidité inférieure à 70%, 163 heures inférieures à 50% et 21 heures inférieures à 30%.

Ces nombres étaient respectivement de 805, 256 et 58 heures dans le site M ; et 1151, 533 et 79 dans le site T. Tout cela témoigne que l'humidité moyenne est plus élevée à Ambohibe ($88,9 \pm 9,7\%$) par rapport à Mananta ($84,9 \pm 8,8\%$) et à Talata ($77,3 \pm 8,7\%$). L'humidité la plus faible fut de 0%, observé dans le site T, contre 17,6% dans le site M et 19,5% dans le site A. La **figure 21** montre l'évolution de l'humidité moyenne journalière observée dans les trois sites entre 30 juin et 15 novembre.

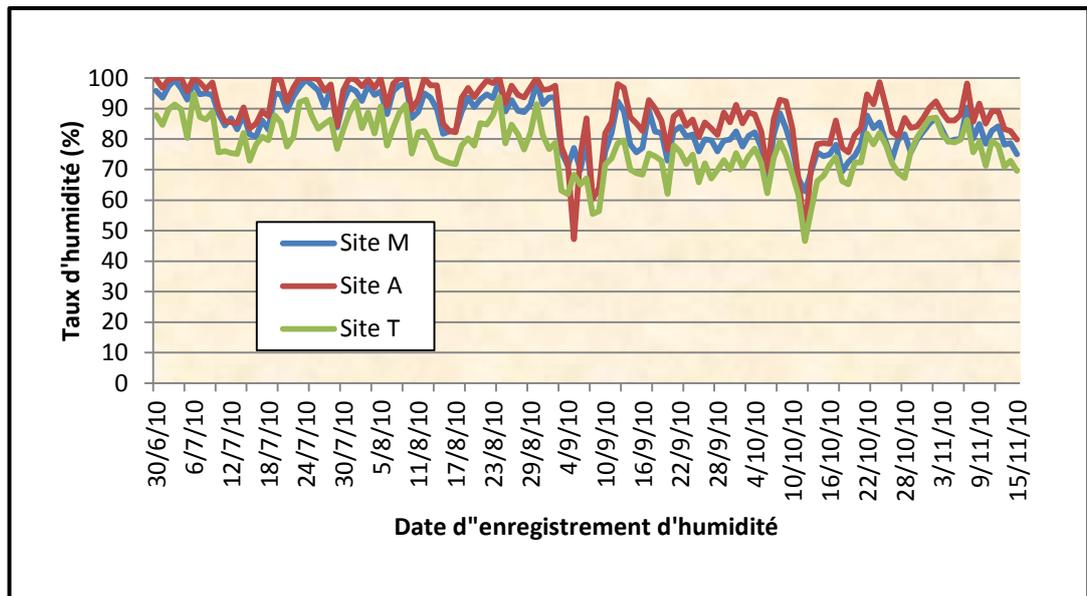


Figure 21 : Evolution de l'humidité moyenne journalière dans les trois sites

II.2.1.2. Caractéristiques des tiques placées dans les cages

II.2.1.2.1. Persistance de la mobilité des nymphes gorgées

Les nymphes étaient encore mobiles pendant plusieurs semaines après leur mise en place sur les pâturages. Lors des examens faits au cours de la 3^{ème} semaine après dépôt, c'est à Talata que la proportion fut la plus élevée, 85% des nymphes installées pour les quatre séries, contre 42% à Mananta et 46% à Ambohibe (**Figure 22**).

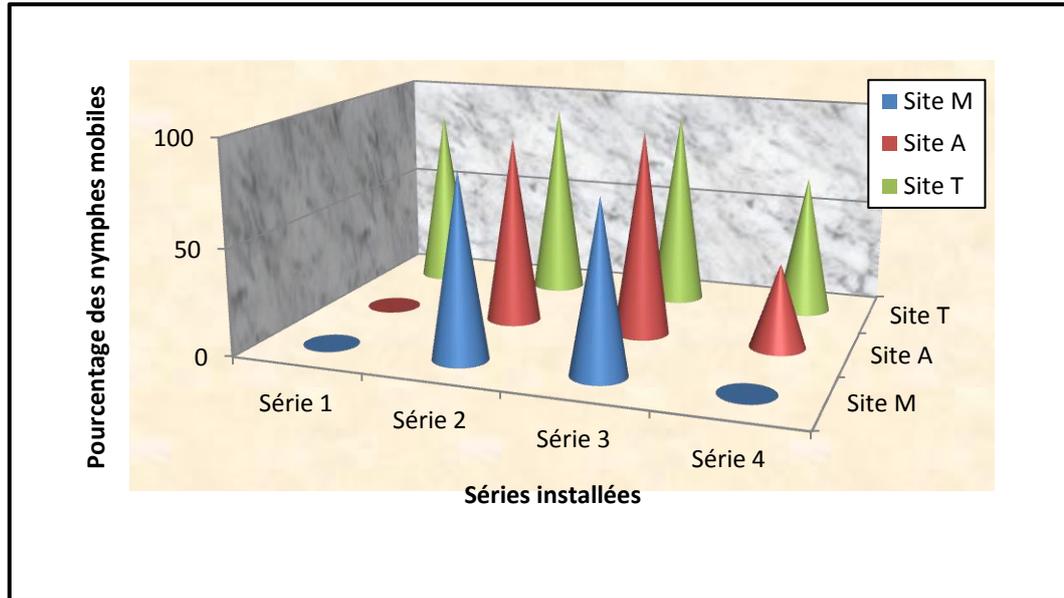


Figure 22: Proportion des nymphes mobiles contrôlées à 3 semaines de mise en cage selon les séries dans les trois sites

Dans les trois sites, cette persistance de mobilité était surtout observée lors des séries 2 et 3. Même à la 6^{ème} semaine, quelques nymphes mobiles ont été encore trouvées surtout dans le site T (**Tableau VIII**). Dans ce dernier, deux nymphes ont été encore observées mobiles le 19/10, n'ayant donc pas entamé leur métamorphose seize semaines après leur mise en cage (voir **Annexe IIIa** pour les sites A et M).

Tableau VI : Nombre des nymphes mobiles selon le délai séparant l'installation de la série et la date de l'examen de cages à Talata pour les quatre séries (30 tiques par cage)

Délai (semaine)	3,0	6,0	9,0	12,0	16,0
Série 1	26	2	0	0	0
Série 2	28	19	27	1	2
Série 3	28	4	0	0	0
Série 4 ¹	20	0	0	0	

¹ Pour la série 4, ces délais sont un peu plus élevés et aucune cage n'était plus contrôlée à la 16^{ème} semaine (voir **annexe IIIa** pour plus de détail).

II.2.1.2.2. Non-progressivité des résultats

Cette non-progressivité des résultats est montrée par les exemples suivants. La cage de la série 4 du site T ouverte en fin d'étude, à la 12^{ème} semaine, contenait encore 18 nymphes en métamorphose, et seulement 3 adultes. Cependant, celle ouverte 3 semaines auparavant, ne contenait plus des nymphes vivantes mais uniquement des adultes (n=18) (**Figure 23**).

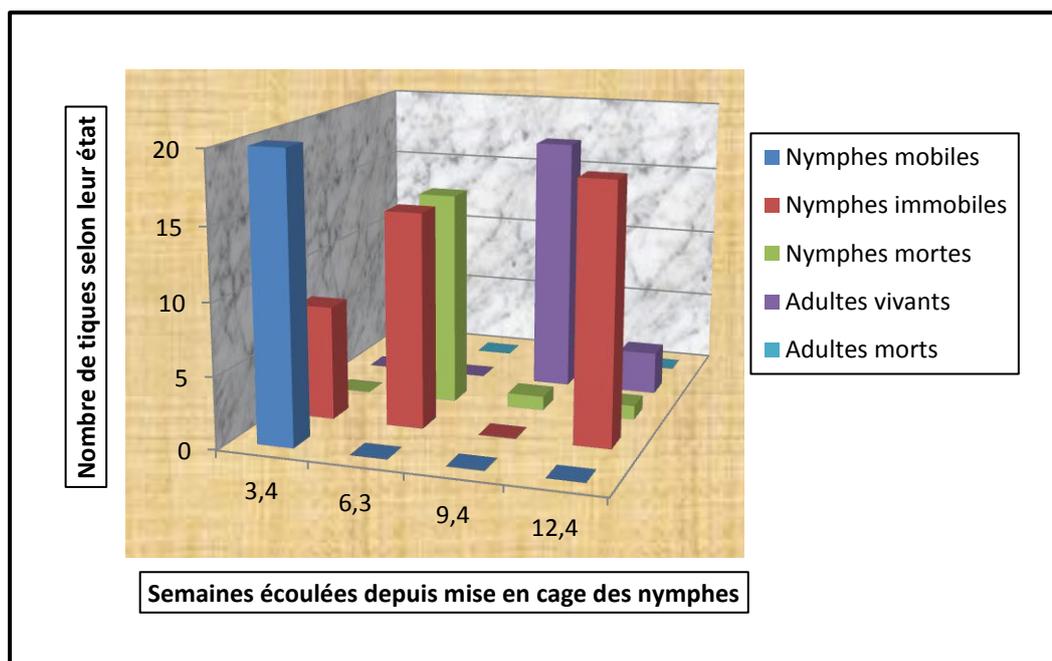


Figure 23: Evolution de l'état de tiques mises en cages pour la série 4 dans le site T

Dans la série 1 du site M, les 28 tiques retrouvées dans la cage ouverte à la 20^{ème} semaine étaient toutes vivantes (2 tiques avaient disparu) et toutes métamorphosées en adultes ; 4 semaines plus tard, on ne retrouvera que 2 adultes vivants, 1 mort et surtout 12 nymphes mortes, avant métamorphose (15 tiques avaient donc disparu) (**Figure 24**).

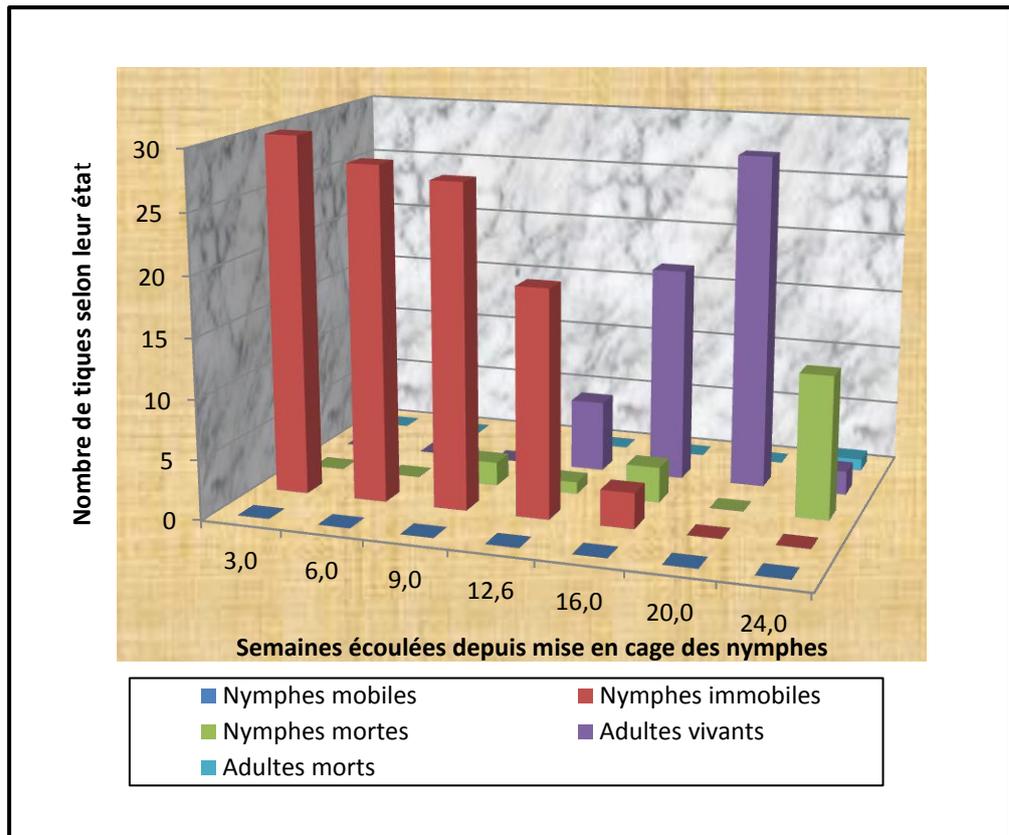


Figure 24: Evolution de l'état de tiques mises en cages pour la série 1 dans le site M

II.2.1.2.3. Disparition et récupération des tiques

Toutes les tiques mises en place n'ont pas toujours été retrouvées lors de l'ouverture des cages. Cette disparition était beaucoup plus importante à Ambohibe (22% de tiques placées) que dans les deux autres sites (10% pour chacun). Le nombre de tiques disparues variait dans les trois sites, mais la variation n'était pas très importante.

Prenons, par exemple, le cas de la série 3 du site A où la cage ouverte à la 6^{ème} semaine a été privée de 17 tiques, alors que dans une autre cage examinée 3 semaines plus tard les 30 tiques mises en place ont été retrouvées. Un autre exemple, à Talata : dans la série 1, aucune tique n'avait disparu de la cage ouverte à la 12^{ème} semaine, alors que la cage ouverte à la 16^{ème} était privée de 2 tiques, celle examinée 4 semaines plus tard de 7 tiques, et qu'enfin dans la dernière cage, ouverte à la 24^{ème} semaine, il manquait 5 tiques (voir **annexe IIIa** pour plus d'information entre les sites et les différentes séries).

Le taux maximum de disparition de tiques constatée dans une cage particulière fut de 80%, observé à Ambohibe, alors que ce taux maximum ne fut que de 37% à Talata et de 50% à Mananta.

Les tiques retrouvées étaient nombreuses dans chaque site. A Mananta, sur 658 tiques installées, 589 (89,5 p.100) ont été retrouvées ; à Talata, il a été retrouvé 591 (89,5 p.100) tiques sur les 660 tiques mise en places ; et à Ambohibe, 513 (78,1 p.100) tiques ont été retrouvées sur 657 tiques installées. De plus, dans chaque site, il y avait un certain nombre de fois où les tiques installées étaient toutes retrouvées, ce qui représentait 13% des cages examinées dans les sites A et M et 23% dans le site T. Le **tableau VII** regroupe les observations faites sur les 4 premières cages de chaque série sur les trois sites.

Tableau VII : Nombre et état de tiques retrouvées dans les quatre premières cages examinées pour chaque série (ouvertes 3, 6, 9 et 12 semaines après installation des nymphes gorgées)

Séries et dates d'installation		S1 (03/06)	S2 (01/07)	S3 (29/07)	S4 (29/08)
Talata Volonondry	Tiques vivantes (TV)	111	81	103	82
	(pourcentage) (%)	93%	68%	86%	68%
	Nymphes mortes (NM)	6	4	9	17
	Adultes morts (AM)	0	0	0	0
	Tiques disparues (TD)	3	7	8	21
Ambohibe	TV	100	98	97	83
	%	83%	83%	81%	69%
	NM	0	2	1	22
	AM	0	0	0	0
	TD	20	18	22	15
Mananta	TV	110	111	105	109
	%	92%	94%	88%	91%
	NM	3	1	5	4
	AM	0	0	0	0
	TD	7	6	10	7

C'était à Ambohibe que la cage avec le moins de tiques a été retrouvées (n=6), contre (n=15) à Mananta et (n=19) à Talata (**Tableau VIII**).

Tableau VIII : Nombre maximal et minimal de tiques retrouvées dans les cages en fonction des séries dans les trois sites

Série et date d'installation		S1 (03/06)	S2 (01/07)	S3 (29/07)	S4 (29/08)
Nombre de tiques retrouvées:					
Mananta	Max	30	30	29	30
	Min	15	19	25	25
Ambohibe	Max	29	27	30	30
	Min	6	21	13	22
Talata	Max	30	30	30	30
Volonodry	Min	23	23	26	19

Au cours de l'examen des cages, les nymphes ont été principalement retrouvées dans les collets de touffes d'herbes ou leur système racinaire (voir **Figure 25**).



Figure 25 : Nymphes d'*A. variegatum* en métamorphose dans le collet d'une touffe de graminée

La comparaison du nombre de tiques retrouvées entre les sites est illustrée dans la figure ci-après.

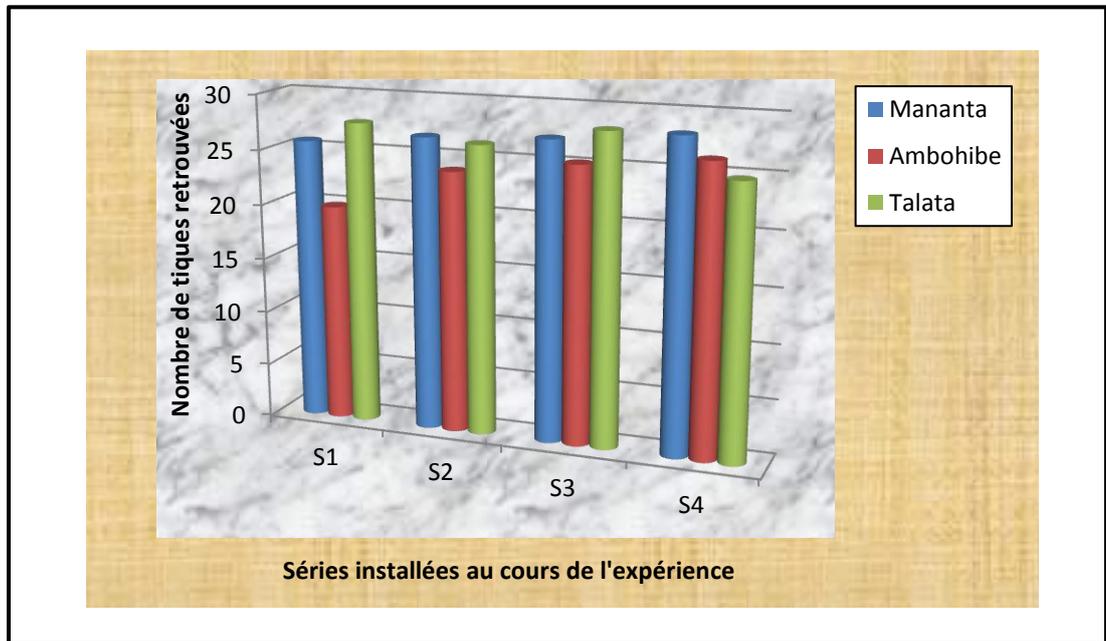


Figure 26 : Nombre moyen de tiques retrouvées dans les trois sites pour toutes les séries

L'évolution du nombre de tiques retrouvées dans les cages variait entre les cohortes mais également en fonction de la durée écoulée depuis la mise en place des nymphes. La **figure 27** indique ainsi cette évolution pour la série 1 sur les trois sites.

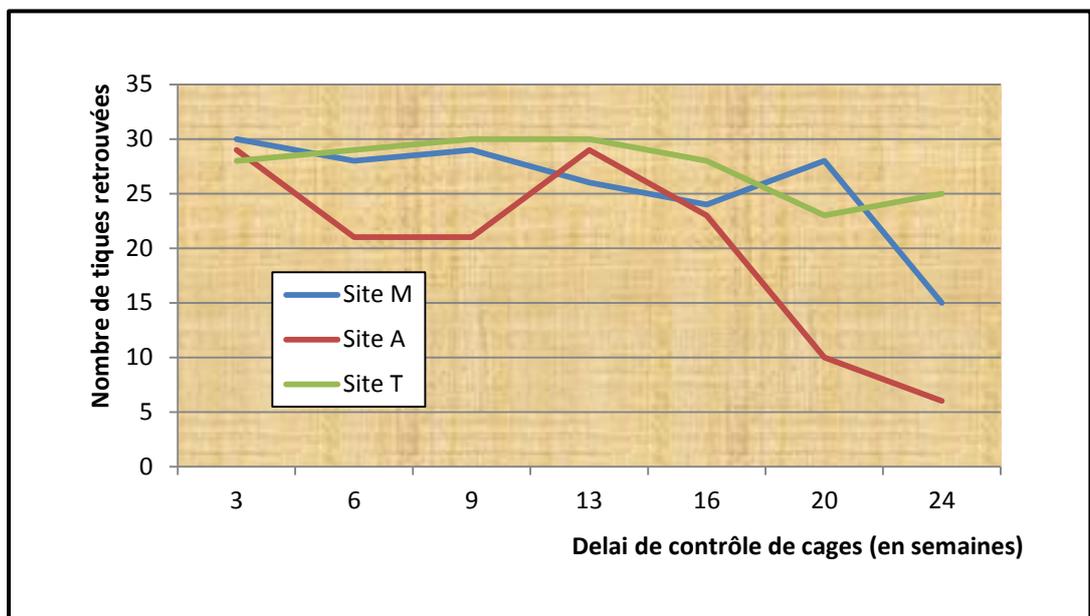


Figure 27 : Evolution du nombre des tiques retrouvées dans les trois sites pour la série 1

II.2.1.2.4. Mortalité des tiques

Au total, 118 tiques mortes ont été trouvées dans les trois sites, soit 6p.100 des tiques installées. Les nymphes étaient les plus nombreuses (n=113) alors qu'il y avait très peu d'adultes (n=5). C'est à Talata qu'il y avait le plus de tiques mortes (n=51, soit 8% des tiques installées), alors qu'elles n'étaient que 37 (6%) à Ambohibe et 30 (5%) à Mananta. Plus de la moitié (55%) de ces tiques mortes ont été retrouvées dévorées. La proportion de ces tiques dévorées (sans tenir compte des tiques mortes en étuve) est variable entre les sites. Elle est plus élevée à Ambohibe (86%) que dans les sites M (67%) et T (25%) (Voir **Tableau IX**).

Tableau IX : Nombre et caractéristiques des tiques mortes dans les trois sites

Site	Mananta		Ambohibe		Talata Volonondry	
	dévorées	non dévorées	dévorées	non dévorées	dévorées	non dévorées
Nymphes	19	10	32	3	12	37
Adultes	1	0	0	2	1	1
Total	20	10	32	5	13	38
(pourcentage)	(67)	(33)	(86)	(14)	(25)	(75)

Le nombre de tiques dévorées était très variable à quelques mètres de distance entre les cages pourtant installées sur une même zone. Par exemple, sur le site A, une cage de la série 1 examinée le 18/11 ne contenait plus que 20% des tiques installées alors que, simultanément, une autre cage - de la série 3 -, installée à quelques mètres, ne présentait que 7% de tiques disparues, toutes les autres étant métamorphosées en adultes. Ce sont plus les nymphes que les adultes qui sont victimes de ces prédateurs. En effet, 97% des ces tiques dévorées étaient constituées par des nymphes, tandis que 3% seulement étaient des adultes.

II.2.1.2.5. Métamorphose des nymphes

La durée de métamorphose variait selon les sites et les séries, les premiers adultes étant observés dans les cages après 5,5 à 20 semaines, suivant les cas (voir tableau ci-après).

Tableau X : Semaine au cours de laquelle les premiers adultes *Amblyomma variegatum* ont été observés dans les cages pour toutes les séries dans les trois sites

Série	1	2	3	4
Date de dépôt	03/06/10	01/07/10	29/07/10	29/08/10
Durée (en semaine) après laquelle les premiers adultes apparaissent :				
Mananta	12,5	12	9	5,5
Ambohibe	16	12	12	8,5
Talata Volonondry	20	16	16	9,5

Le tableau ci-dessus indique que ce sont les nymphes des séries 1 et 2 installées en début de saison froide qui ont mis beaucoup plus de temps à se métamorphoser et que la durée de métamorphose la plus courte a été observée à Mananta.

Selon la période d'installation des nymphes, une différence importante sur la durée de métamorphose a été constatée. En effet, installées en début de saison fraîche (séries 1 et 2), les nymphes se métamorphosaient en adultes en moyenne après $17,2 \pm 4,1$ semaines dans le site M et $18 \pm 4,2$ et $20 \pm 3,3$ semaines respectivement dans les sites A et T. Pour les nymphes déposées en fin de saison froide (séries 3 et 4), la durée moyenne de métamorphose était de $10,5 \pm 3,5$ semaines dans le site M, $12 \pm 3,1$ semaines dans A et $12,6 \pm 3,3$ semaines dans le site T.

Le taux de métamorphose variait suivant les sites et les séries. A Mananta, dans la cage où l'on a retrouvé les premiers adultes apparus, le taux de métamorphose était de 10%, contre 100% à Ambohibe et Talata. Dans les sites M et A, la proportion des adultes retrouvés dans les cages examinées tardivement était plus importantes (entre 75 à 100%) à partir de 16 semaines après dépôt de nymphes pour la série 1 ; 12 semaines pour la série 2 ; et 9 semaines pour la série 3 et 4, à l'exception de quelques cas particuliers (voir **Tableaux XI et XII**).

De plus, dans ces deux sites, le taux de mue maximal (100%) était toujours atteint dans les deux dernières cages examinées pour chaque série, sauf dans une seule cage de la série 1 du site A, à cause du nombre important de nymphes retrouvées mortes.

Tableau XI : Évolution du pourcentage d'adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site M

Série	1	2	3	4
Date de dépôt	03/06	01/07	29/07	29/08
Pourcentage de tiques adultes				
à :				
3 semaines	0	0	0	0
6 semaines	0	0	0	10
9 semaines	0	NA ²	90	100
12 semaines	24	78	100	100
16 semaines	86	100	100	
20 semaines	100	100		
24 semaines	100			

Tableau XII: Évolution du pourcentage d'adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site A

Série	1	2	3	4
Date de dépôt	03/06	01/07	29/07	29/08
Pourcentage de tiques adultes				
à :				
3 semaines	0	0	0	NA ²
6 semaines	0	0	0	0
9 semaines	0	NA ²	0	100
12 semaines	0	9	100	100
16 semaines	100	100	100	
20 semaines	75	100		
24 semaines	100			

² NA veut dire qu'on ne peut pas calculer le taux de métamorphose car toutes les tiques retrouvées étaient mortes

Dans le site T, ce taux était très variable et aussi moins élevé (voire nul dans certains cas) pour les dernières cages contrôlées (**Tableau XIII**).

Tableau XIII : Évolution du pourcentage d'adultes retrouvés dans les cages en fonction de la série et du délai écoulé depuis la mise en place des nymphes gorgées dans le site T

Série	1	2	3	4
Date de dépôt	02/06	30/06	27/07	28/08
Pourcentage de tiques adultes				
à :				
3 semaines	0	0	0	0
6 semaines	0	0	0	NA ²
9 semaines	0	0	0	100
12 semaines	0	0	0	15
16 semaines	0	6	100	
20 semaines	60	25		
24 semaines	100			

Voici deux exemples pour montrer cette observation. Pour la série 4, la cage ouverte à la 9^{ème} semaine avait un taux de métamorphose de 100% alors qu'une autre cage examinée 3 semaines (dernier contrôle) plus tard n'avait que 15% de nymphes muées. Pour la série 2, dans la dernière cage (examinée à la 20^{ème} semaine), 25% des nymphes déposées s'étaient transformées en adultes et seulement 6% dans la cage ouverte 4 semaines avant (le 19/10), dans laquelle 2 nymphes mobiles (n'avaient donc pas l'intention de se métamorphoser) ont été même encore retrouvées. Pour toutes les séries, dans les dernières cages contrôlées (3 dernières pour S1 et S2 et deux dernières pour S3 et S4), le taux de métamorphose moyen est encore élevé dans A et M (entre 70 à 100%), contre 10 à 58% dans T (**Tableau XIV**).

Tableau XIV : Taux de métamorphose moyen des dernières cages contrôlées (3 dernières pour les séries 1 et 2 ; et 2 dernières cages pour les séries 3 et 4) dans les trois sites

Série	1	2	3	4
Taux de métamorphose moyen:				
Mananta	95,3	92,6	100	100
Ambohibe	91,6	69,6	100	100
Talata Volonondry	53,3	10,3	50	57,5

Cependant, une variation considérable de ce taux de mue moyen a été constatée quand le calcul est fait sur toutes les cages examinées (52% à Mananta ; 44% à Ambohibe et 19% à Talata) et/ou selon les séries.

C'est à Mananta où il y avait beaucoup plus de cages dans lesquelles toutes les tiques retrouvées étaient des adultes (23% des cages examinées), contre 18 % à Ambohibe et seulement 5% à Talata. Évidemment, les nymphes métamorphosées en adultes étaient donc plus nombreuses sur le site M (n=232 ; soit 35% des nymphes installées) que sur les sites A (n=150 ; soit 23%) et T (n=81 ; soit 12%).

Dans certains cas, des nymphes en métamorphose ont été observées dont les adultes en formation étaient déjà visibles sous la cuticule ou des adultes qui venaient de se métamorphoser (à la sortie de l'exuvie des nymphes) (voir **Figure 28**).



Figure 28 : Nymphes d'*A. variegatum* en métamorphose, futurs adultes (mâle en haut, femelles en bas) (à gauche) ; mâle juste après métamorphose encore dans l'exuvie de la nymphe et exuvie vide (à droite) (Photo : F. Stachurski)

La métamorphose est surtout liée à la date de l'examen des cages plus qu'à la durée écoulée depuis la mise en place de tiques. La différence est surtout évidente en comparant le nombre d'adultes retrouvés ou le taux de métamorphose dans les cages soit de la série 1 ou de la série 2 avec celles de la série 4 (**Figure 29**).

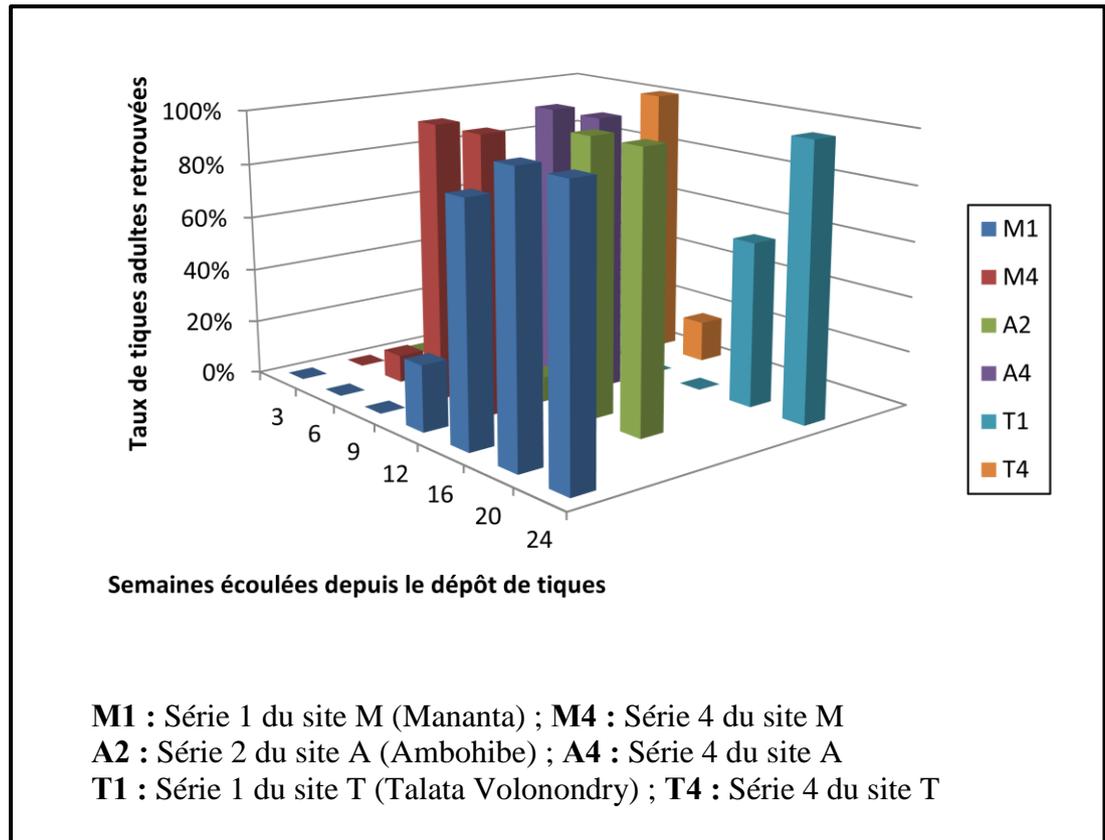


Figure 29 : Comparaison du taux de métamorphose des nymphes de série 1 et de série 4 pour les sites M et T; et du celui de série 2 et de série 4 pour le site A

Les exemples suivants illustrent ces observations. Dans le site M, dans la cage de la série 1 (installée le 03/06) examinée le 05/08, le taux de métamorphose était de 0% (aucun adulte retrouvé), contre 100% (26 adultes sur 28 tiques retrouvées dont 2 mortes) dans la cage de la série 4, ouverte le 31/10 ; mais toutes les deux avaient un même délai de contrôle (environ 2 mois). Dans le site A, dans la cage de la série 2 (installée le 01/07) contrôlée le 23/09 (délai=12 semaines après de dépôt de tiques), il n'y avait que 2 nymphes transformées (taux=9%), tandis que la cage de la série 4 ouverte le 28/10 (délai=8,6 semaines) contenait 22 adultes (taux=100%).

Cette situation était encore observée même dans le site T, bien qu'une grande proportion des nymphes qui y ont été installées (88%) n'ait pas subi de métamorphose (voir plus haut). Pour la série 1 (installée le 02/06), la cage contrôlée à 12,6 semaines suivant l'installation des tiques (date : le 28/08) avait comme taux de métamorphose nul, alors que dans la cage de la série 4 ouverte à un délai de 9,4 semaines (date : 2/11), le taux était maximal (100%).

II.2.2. Suivi d'infestation des troupeaux de bovins

Au cours du suivi, les deux espèces de tiques (*A. variegatum* et *Rh. (B) microplus*) présentes sur les bovins de Madagascar ont été observées. Mais, les troupeaux étaient principalement infestés par la tique *Rh. (B) microplus*, présente dans les trois sites (comme dans tout le pays, d'ailleurs).

La charge en tique des animaux par *Rh. (B) microplus* variait en fonction du site et du temps. La **figure 30** indique ainsi l'évolution du nombre moyen de *Rh. (B) microplus* récoltés au cours du suivi.

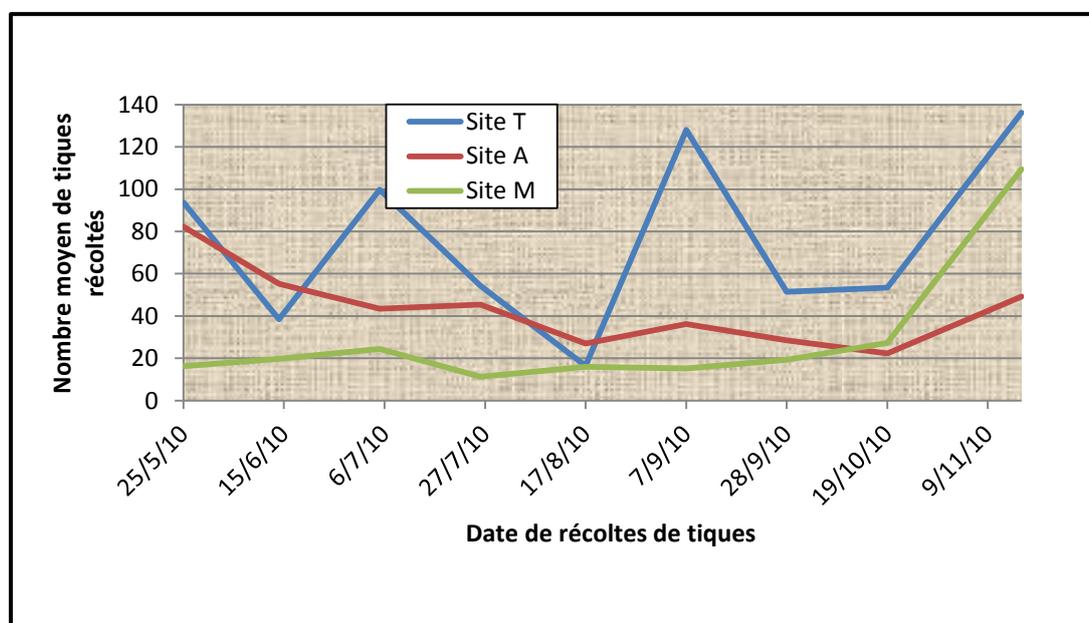


Figure 30 : Nombre moyen de *Rh. (B) microplus* récoltés par animal dans les trois sites en fonction de la date de contrôle

Le troupeau du site T avait la charge moyenne la plus élevée, qui varie de 16,4 à 136,3 tiques par animal lors de chaque contrôle d'infestation (toutes les trois semaines). Dans le troupeau du site A, cette charge variait de 22,3 à 82,2 et dans celui du site M, elle se situait entre 11,3 à 109,5 tiques par animal. Par contre, la charge en tiques la plus élevée fut observée sur un animal du site M, sur lequel 247 tiques ont été arrachées lors d'une seule récolte. À Talata, le nombre maximal de tiques récoltées sur un bovin était de 213 et 172 à Ambohibe.

En se basant sur le compte des femelles standard³ qui sont en pratique les tiques de référence pour estimer le niveau d'infestation d'un troupeau, la variation persiste encore entre les sites (**Figure 31**).

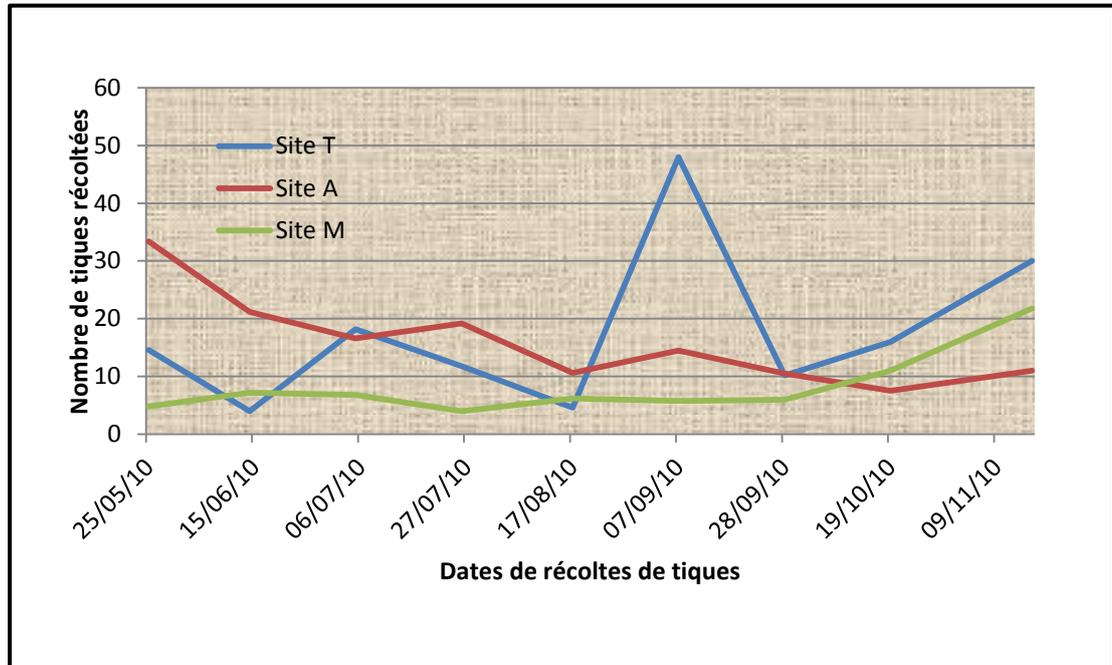


Figure 31 : Evolution du nombre moyen de femelles standard (*Rh. (B) microplus*) récoltées dans les trois sites en fonction de la date de contrôle

Le nombre moyen de femelles standard compté sur le troupeau du site M était le plus faible, qui était de $8,1 \pm 5,4$ tiques. Ce nombre était deux fois plus élevé dans les deux autres sites, c'est-à-dire $16,1 \pm 7,9$ tiques dans le site A et $17,5 \pm 13,8$ tiques dans le site T.

En ce qui concerne le suivi d'infestation de bovins par *A. variegatum*, sur le site A, un mâle a été vu sur un bœuf successivement lors des deux premiers contrôles. Par la suite, pour tous les contrôles suivants, aucune tique de cette espèce ne fut plus

³ Une femelle standard est une femelle qui achèvera son gorgement et se détachera de son hôte dans les 24 heures suivant son observation ; le nombre de femelle standard et son évolution temporelle sont ainsi des bons indicateurs de niveau d'infestation journalier

observée sur le site A. A Mananta (Site M), peu d'*A. variegatum* ont été observé (un mâle en juin, et quatre nymphes à différent moment du suivi, en moyenne 0,2 à 0,4 tique par animal pour les nymphes (**Figure 31**) et 0 à 0.2 pour les adultes).

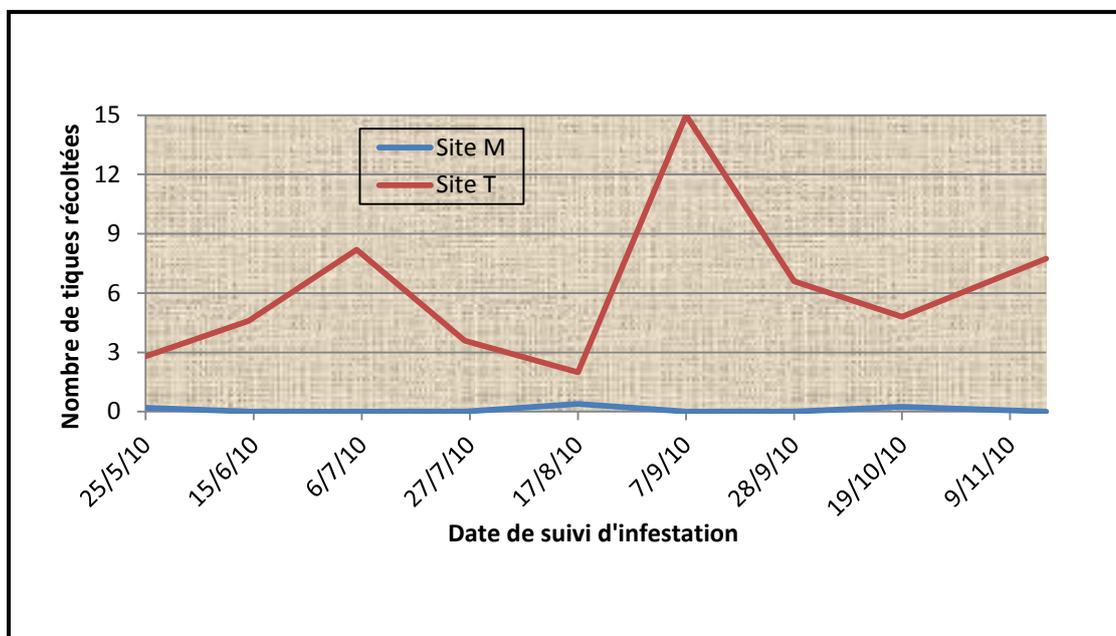


Figure 32 : Evolution du nombre moyen des nymphes d'*A. variegatum* sur les bovins des sites M et T

A Ambatomahamanina (Site T), les nymphes ont été observées pendant tout le suivi sur les animaux. L'infestation variait d'un animal à l'autre (0 à 19 nymphes par animal), les bovins étant infestés en moyenne par 2 à 15 nymphes par animal lors de chaque contrôle d'infestation (voir **Tableau XV**). Cette infestation était aussi variable selon les périodes, le pic ayant été observé en juillet et septembre (au total, 41 et 45 nymphes ont été récoltés respectivement lors de ces contrôles).

Quelques mâles ont été observés à différentes reprises durant le suivi. L'infestation par les adultes a surtout repris avec l'installation des pluies. En effet, le nombre des adultes récoltés sur les animaux a augmenté essentiellement à partir du mois d'octobre (début de la saison des pluies). Le contrôle du 19/10 a permis de récolter 11 adultes sur tous les animaux suivis (un seul bovin qui n'était pas infesté, les autres présentaient au moins un mâle), alors que lors du suivi précédent (le 28/09), 2 adultes seulement ont été récoltés.

Cette infestation par les adultes était principalement importante en novembre, même les femelles ont été observées en nombre sur les bovins. Lors du contrôle du 18/11, les animaux suivis portaient tous des adultes, (au moins 5 mâles et 7 femelles ; au total, 80 tiques). L'évolution du nombre moyen d'*A. variegatum* (nymphe et adultes) récoltés sur les bovins du site T est figurée dans le **tableau XV**.

Tableau XV : Nombre moyen d'*A. variegatum* récoltées (nymphe, mâles et femelles) sur les bovins du site T en fonction de la date de suivi

Date de suivi d'infestation	25/5	14/6	5/7	26/7	17/8	7/9	28/9	19/10	16/11
Nombre moyen d' <i>A. variegatum</i> sur les bovins :									
Nymphes	2,8 ±3,8	4,6 ±2,5	8,2 ±5,4	3,6 ±1,1	2 ±2,3	15 ±7,9	6,6 ±8,2	4,8 ±3,3	7,75 ±3,2
Mâles	0 ±0	0,2 ±0,4	0 ±0	0,2 ±0,4	0,2 ±0,4	1 ±0	0,4 ±0,5	2,2 ±1,9	8,5 ±4,7
Femelles	0,2 ±0,4	0 ±0	0 ±0	0 ±0	0 ±0	0 ±0	0 ±0	0 ±0	11,5 ±5,4

La figure ci-après montre l'évolution du nombre moyen des adultes observés sur animaux suivis dans ce site.

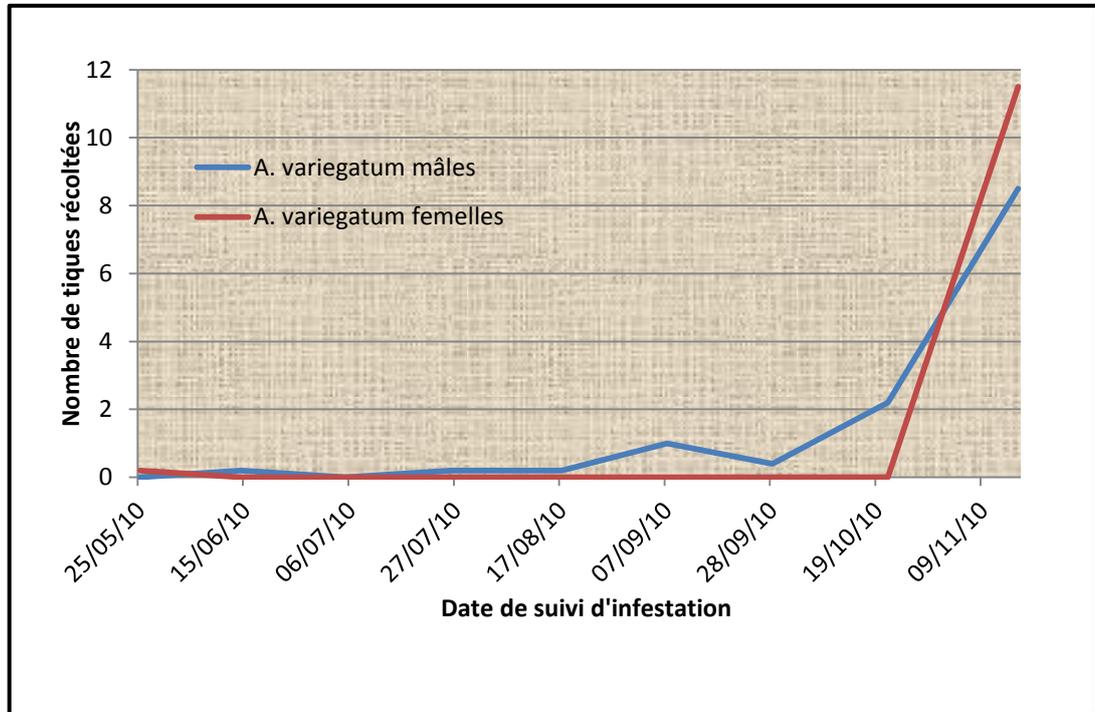


Figure 33 : Evolution du nombre moyen d'adultes d'*A. variegatum* sur les bovins de Talata

II.2.3. Enquête sur la distribution d'*A. variegatum*

Suivant les zones, différentes réponses ont été obtenues, se rapportant à l'un des types suivant :

- Les tiques n'ont jamais été observées et sont inconnues des éleveurs ;
- Les tiques sont parfois observées sur les animaux achetés dans d'autres régions et amenés dans les troupeaux locaux, mais elles n'arrivent pas à s'installer dans les pâturages de la zone ;
- Les tiques sont observées de temps à temps, mais en petit nombre et pas sur tout le territoire du village et/ou pas chaque année ;
- Les tiques sont présentes en permanence depuis quelques années (ou depuis que l'éleveur est enfant) en quantité plus ou moins grande.

II.2.3.1. Dans la région d'Anjozorobe

Dans cette région, c'est-à-dire, entre la zone de Mangamila et la zone d'Anjozorobe, une grande variabilité a été observée sur la distribution d'*A. variegatum* (**Figure 34**).

A Mangamila, la zone centrée sur la ville reste encore exempte d'*A. variegatum*. Tous les éleveurs des villages situés à moins de 10 km de la ville confirmaient l'absence de la tique sur leurs animaux, sauf dans le village d'Anjezika. Donc, sur la RN3 en direction d'Antananarivo, à partir d'Antoby jusqu'à Ambohipihaonana, *A. variegatum* est absent. Mais la tique commence à être présente à partir d'Antokonana (se trouvant à peu près à 2 km d'Ambohipihaonana, à une altitude de 1384 m).

Dans le nord-ouest de Mangamila, la tique n'est présente qu'à partir d'Ampasika et d'Antatamokely où elle est signalée depuis environ 30 à 40 ans. La zone à l'est de Mangamila (vers la commune de Tsarasaotra) est aussi encore dépourvue d'*A. variegatum* d'après les représentants de différents villages qui se situent dans cette direction. Néanmoins, il y avait quand même un cas exceptionnel : un éleveur avait vu sur deux bovins au moment de leur castration des *A. variegatum* sur un animal à Tsarasaotra (7 mâles) et sur l'autre à Ambohimiadana (3 mâles).

Dans la zone d'Anjozorobe, contrairement à Mangamila, même dans la ville, la présence d'*A. variegatum* est mentionnée par les éleveurs ainsi que par le Vétérinaire de la zone, mais il est encore très rare (2 à 3 tiques par animal). Dans toutes les directions parcourues, *A. variegatum* est présent au moins dans 4 villages enquêtés.

Il y a quand même des villages non encore infestés mais qui sont voisins de ceux qui sont infestés. Sur l'axe sud (sur la RN3, à partir d'Andranolava jusqu'à Mahatsinjo), la tique est présente dans tous les terroirs enquêtés, mais, leur niveau d'infestation est encore faible, et le début de l'invasion par la tique varie d'un village à l'autre même pour ceux qui se situent côte à côte.

Dans la partie sud-sud-ouest de la ville, les villages plus à l'ouest (autour d'Ampilanonana) sont infestés et ceux qui sont plus au sud (Ambodifiakarana, Andreba, Andranobe, ...) ne le sont pas, mais la distance entre ces deux groupes de villages n'est pas élevée. Au nord-ouest (vers Kamanja et Mahatory) et à l'ouest-sud-ouest (vers Ambohibazona) d'Anjozorobe, tous les villages sont déjà colonisés par *A. variegatum* mais la durée de sa colonisation et son niveau d'infestation sont différents entre les deux groupes.

Dans la majorité des villages du premier groupe, la tique est présente depuis longtemps, autour d'une quarantaine d'années, et d'ailleurs en quantité abondante. Par contre, dans le deuxième groupe, elle n'est présente que récemment (entre 2 à 5 ans), sauf à Ambohibazona et à Ambohimandroso où sa colonisation était depuis respectivement 50 ans et 10 ans, mais la charge en tique par animal est encore faible tant pour les villages infestés récents que ceux qui sont parasités de longue date.

En se dirigeant vers l'est sud-est (vers Antasahabe-est), *A. variegatum* est encore absent. Dans un village situé à 4 km est-nord-est d'Anjozorobe, les éleveurs étaient en désaccord, l'un disant que la tique est présente sur ses bovins, les autres ne la connaissant pas encore dans le village. Au sud-sud-est de la ville, tous les villages enquêtés sont déjà colonisés par cette espèce, depuis 70 à 65 ans respectivement pour Andranokontona et Ankodondona (deux villages proches) ; et 5 ans pour Sarobaratra, avec une quantité plus ou moins abondante pour les premiers villages et encore rare

pour le second. Dans les villages à l'est-sud-est du village d'Anosivola, et dans ce dernier *A. variegatum* n'est pas encore connu par les éleveurs.

Dans cette région d'Anjozorobe, l'altitude des zones infestées variait de 1255 à 1421 mètres et celles des zones indemnes de 1273 à 1437 mètres : il n'y avait aucune différence. En effet, il y a certains villages infestés qui se trouvent à une altitude plus élevée que ceux qui ne le sont pas. Ce fut par exemple le cas d'Antatamokely (infesté) situé à 1421 m d'altitude alors qu'Anosy (indemne) se trouve à 1299 m d'altitude seulement, tous deux se trouvant dans la zone de Mangamila. La distribution d'*A. variegatum* dans cette région d'Anjozorobe est représentée par la carte de la page suivante (**Figure 34**).

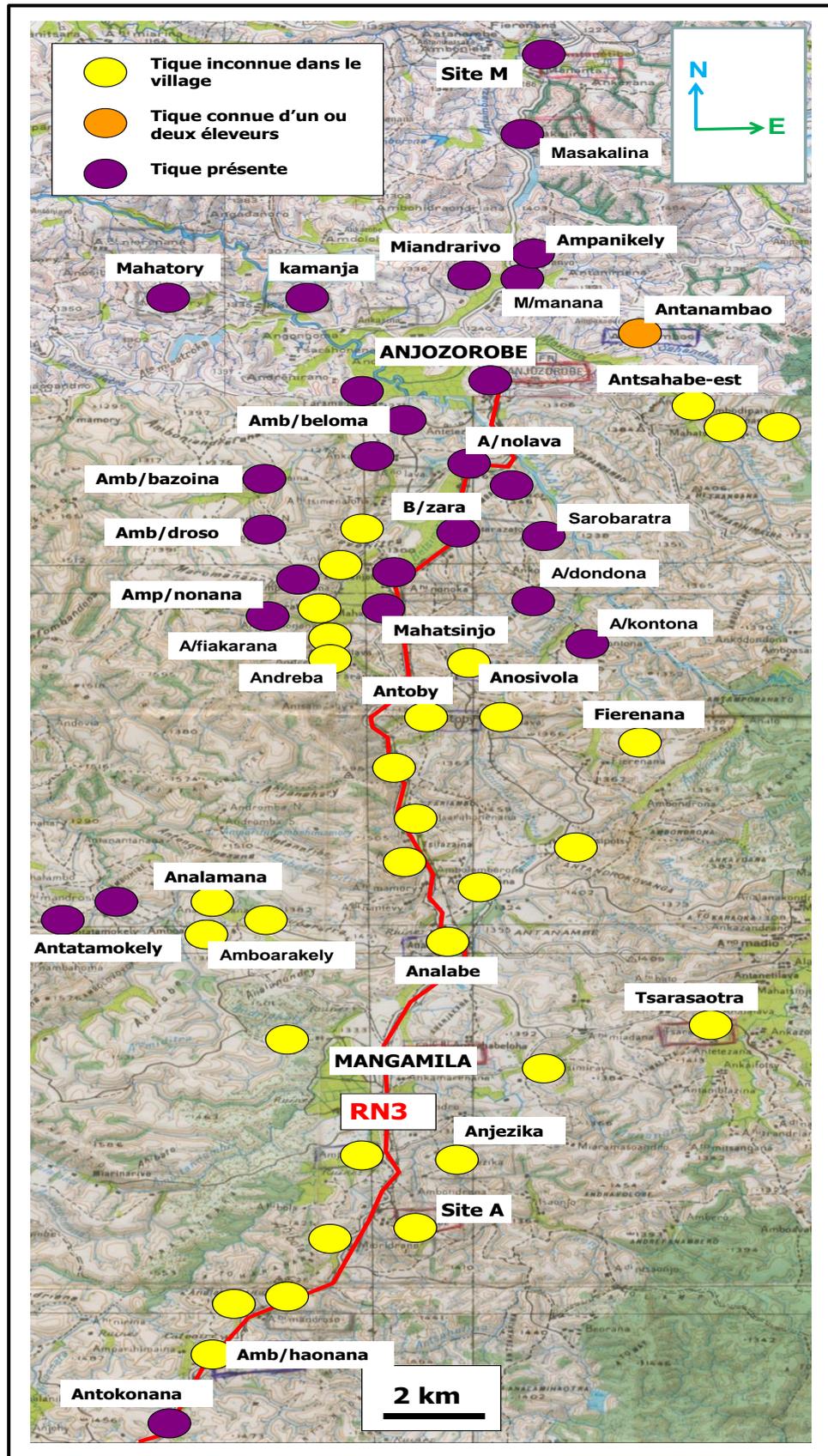


Figure 34 : Carte de distribution d'*A. variegatum* dans la région d'Anjozorobe

Site M	= Site d'étude à Mananta
M/manana	= Maromanana
A/nolava	= Andranolava
B/zara	= Betsimizara
Amb/beloma	= Ambohibeloma
Amb/bazoina	= Ambohibazoina
Amb/droso	= Ambohimandroso
Amp/nonana	= Ampilanonana
A/fiakarana	= Ambodifiakarana
A/dondona	= Ankidondona
A/kontona	= Andranokontona
Amb/haonana	= Ambohipihaonana

II.2.3.2. Dans la région du Vakinankaratra

Si *A. variegatum* était réputé, il y a une quarantaine d'années, ne pas pouvoir être présente de manière permanente dans la région de Vakinankaratra, les informations obtenues par l'enquête effectuée dans cette région confirment que la situation a changé (voir page suivante).

La tique est désormais présente dans toutes les zones situées en-dessous de 1600 m d'altitude (il y a toutefois des nuances en fonction de la végétation, *A. variegatum* préférant certaines végétations pour abriter ses stades non parasitaires, une savane arbustive à un paysage de rizière), notamment à l'ouest et au sud d'Antsirabe, et elle y est arrivée depuis 10 à 30 ans en fonction des zones.

Au sud de la ville (sur la RN7), tous les villages parcourus sont déjà infestés à partir d'Antsirabe jusqu'à Manandona où le parcours s'est arrêté, la partie plus au sud l'est aussi sûrement, car l'altitude diminue au fur et à mesure que l'on s'écarte des hauts plateaux. De même aussi à l'ouest d'Antsirabe (vers Betafo).

Dans ces deux points cardinaux (sud et ouest d'Antsirabe), même si la tique est déjà présente, elle est encore rare, sauf dans les deux villages suivants. L'un de ces derniers se trouve au sud-ouest d'Antsirabe, à Ibity (1528 m) où l'effectif d'*A. variegatum* peut atteindre jusqu'à 200 tiques par animal (avec la présence de la tique depuis toujours) et l'autre est situé à l'ouest-sud-ouest de la ville, à Mahaiza où un

bovin peut porter jusqu'à 200 à 300 tiques, et la tique y était installée depuis 45 ans environ.

A Ambatolampy, la tique était arrivée depuis environ 8 ans et sa population aurait fortement augmenté en nombre (10 à 15 tiques par animal, contre 1 à 3 tiques auparavant) ces 4 dernières années. A Faratsiho (1775 m), elle était présente depuis 3 ou 4 ans, mais elle est encore absente (marques jaunes) dans les zones plus basses, situées sur la RN7 entre Ambatolampy et Antsirabe. Sur cet axe, il y a Ambohimandroso qui était infesté par *A. variegatum* depuis 2 ans et Antanifotsy où la durée de présence de la tique serait déjà de 20 ans et surtout en quantité plus ou moins abondante (jusqu'à 30 tiques par bovin).

Cependant, tous les villages enquêtés à partir d'Ambohibary-Sambaina jusqu'à Andranotsara sont encore dépourvus de cette espèce de tique. A Ambohibary-Sambaina même, les éleveurs étaient impressionnés et peureux d'avoir vu la tique (essentiellement les femelles gorgées avec leur taille et le rostre très allongé de la tique), lorsque les différentes tiques amenées leur ont été montrées. Un tel sentiment (lors de la première observation de la tique) était aussi observé dans certaines zones indemnes (même Anjozorobe), mais moins accentué.

Dans le dernier village enquêté sur cet axe (Andranomanelatra, situé à 2 km au sud d'Andranotsara et à 20 km au nord d'Antsirabe), les éleveurs étaient en désaccord sur la présence ou non de la tique, certains disant l'avoir vu sur leurs animaux et d'autres non. De même aussi pour certaines zones à l'est d'Antsirabe, vers Soanindrariny, plus précisément pour celles situées entre 1600 et 1800 m. Mais, pour celles situées en dessous de 1600 m, la tique est parfaitement présente et c'était depuis longtemps pour la plupart d'entre elles (entre 10 à 50 ans).

Dans la commune d'Ambohidranandriana, il a été constaté l'alternance des réponses suivantes : « tique absente » et « désaccord entre les interlocuteurs sur sa présence ou non », en passant d'un village à l'autre. Au centre ville de la commune de Soanindrariny, elle était signalée depuis 4 ans, alors que dans les villages juste avant d'arriver dans la commune, elle est encore absente.

La carte ci-après montre la distribution de la tique dans cette région, dans laquelle les zones infestées et indemnes sont représentées respectivement par les marques rouges et jaunes et les zones où les éleveurs sont en désaccord sur la présence ou l'absence de la tique sont représentées par les marques vertes. L'**annexe IIIb (Tableaux I, II et III)** représente les informations obtenues lors de cette enquête de distribution d'*A. variegatum* dans les deux zones (Anjzorobe et Vakinankaratra).

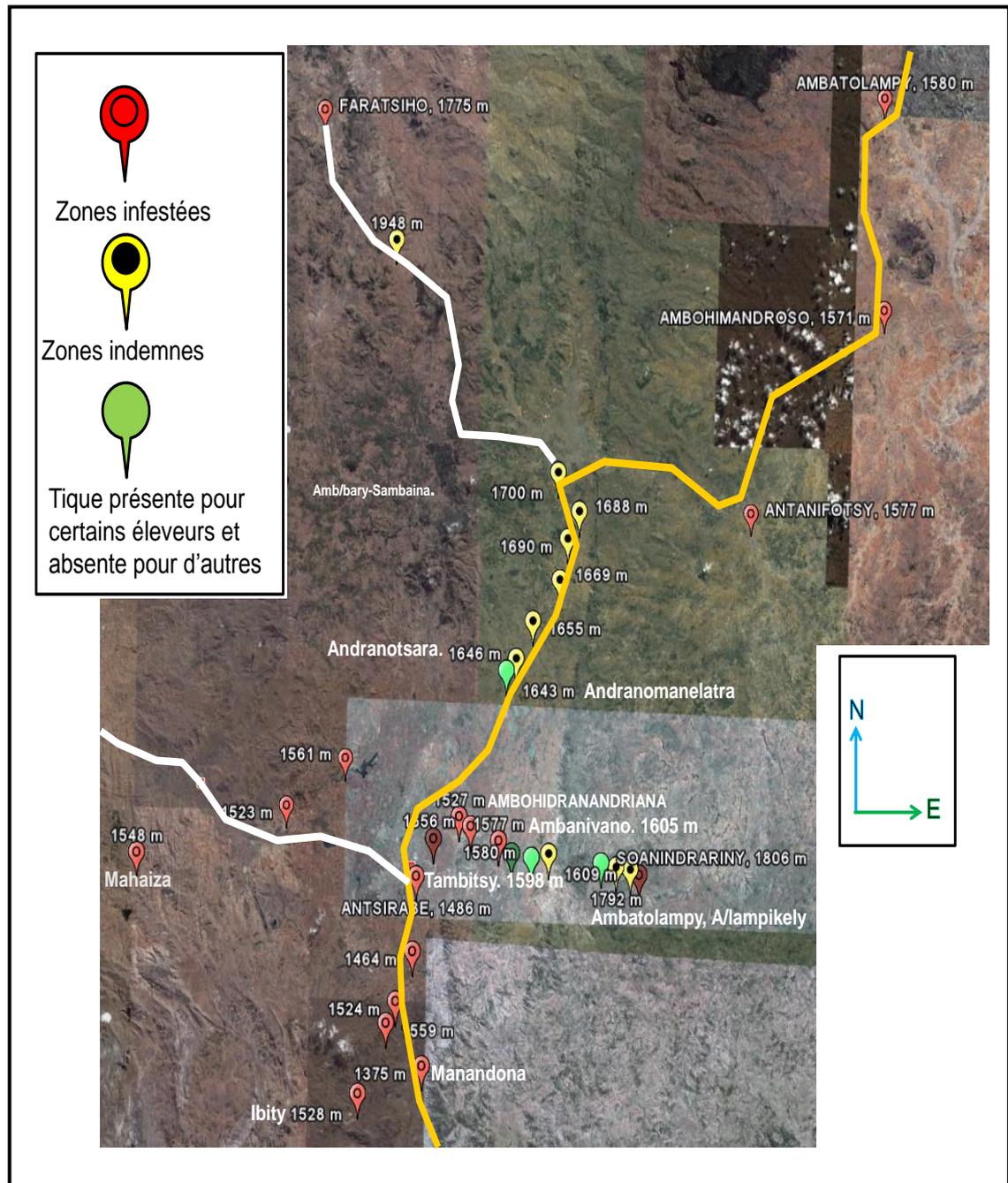


Figure 35 : Carte de distribution d'*A. variegatum* dans la région de Vakinankaratra

Amb/bary-Sambaina = Ambohibary-Sambaina
 A/lampikely = Ambatolampikely

TROISIÈME PARTIE :

DISCUSSION

III. DISCUSSION

III.1. Suivi de métamorphose et de survie des nymphes *A. variegatum*

Un des contretemps constatés au cours de cette étude fut la disparition de l'enregistreur de température et d'humidité dans le site T (à Talata) au cours du premier mois, privant ainsi les données du mois de juin. Un autre appareil fut installé, mais près de la ferme de l'éleveur qui se collaborait avec l'étude, et non près des cages. L'absence des données de juin et l'installation du second appareil à un endroit différent des autres sites (où ils étaient près des cages) étaient des handicaps dans le traitement des données, se répercutant sur les résultats qui auraient dû en être dégagés.

Mais comme ceci ne se produisit pas sur le site A, où *A. variegatum* est encore absent, qui était le principal site pour déterminer le seuil de température minimal empêchant la tique de s'installer, les pertes d'informations ne sont pas trop dommageables. D'autre part, sur ce site A ainsi que sur le site T, les pluviomètres ne firent leur action d'enregistrement des pluies que pendant 3 semaines tout au long de l'étude. De ce fait, les données concernant ce paramètre climatique n'ont pas du tout été traitées. Mais toutes ces circonstances ne constituent pas des entraves qui pourraient rendre inutilisables les résultats de l'étude.

Dans les trois sites, l'humidité extrême (100%) était presque atteinte chaque nuit. Cela était dû probablement à quelques pluies ou crachins survenant même pendant la saison sèche ou à la condensation nocturne.

L'expérience en cages avec des nymphes gorgées d'*A. variegatum* permit l'obtention d'un certain nombre de données qui peuvent être comparées avec la seule autre étude connue du même type, réalisée au Burkina Faso en 1999, également pendant la saison sèche (qui dure, dans ce pays de l'hémisphère nord, de la mi-octobre à la fin avril) [6]. Il est à signaler néanmoins qu'en complément de l'étude, une étude similaire a été menée en 2011 dans la région d'Ambatolampy, ou plus précisément au-dessus de Tsiafajavona, dans un site situé à 2000 m d'altitude, dans l'espoir de trouver le seuil de température pouvant tuer *A. variegatum*. En effet, celui-ci n'a pas été déterminé au cours de la présente étude.

Un des objectifs principaux de notre étude n'a donc pas été atteint, la température minimale pouvant tuer *A. variegatum* (et le temps d'exposition nécessaire à cette température) n'ayant pas été identifiée. Les nymphes qui ont été suivies au cours de l'hiver 2010 sur le site A (non infesté) ne sont pas toutes mortes, comme ne sont pas mortes de froid non plus d'autres tiques placées à une altitude de 2000 m en 2011. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène : soit en 2010, le climat était beaucoup plus clément que les autres années et donc pas représentatif ; soit, cette température plus clémente est devenue la norme à cause du réchauffement climatique global. Dans ce cas, cela indiquerait que toutes les régions des hauts plateaux de Madagascar sont potentiellement favorables à l'installation de cette tique.

Cette étude ne permet pas de comprendre pourquoi la région de Mangamila reste indemne, mais montre que le risque est grand que la tique s'y installe à plus ou moins long terme. Ce risque est d'autant plus élevé que l'on a constaté que les animaux introduits dans la zone pouvaient être infestés par la tique (un bovin introduit à Ambohibe a été vu infesté par des mâles d'*A. variegatum*) surtout si les éleveurs ne prennent pas la précaution de traiter les bovins qu'ils achètent. Cependant, même si cette année les tiques auraient pu survivre (comme on l'a montré), pour qu'elles s'installent définitivement il faut que le climat le permette chaque année. Autrement dit : une année très froide tous les 4-6 ans permettrait peut-être d'empêcher l'installation d'*A. variegatum* en tuant toutes les tiques présentes sur le milieu.

Pour retarder l'arrivée de la tique dans cette région, la précaution la plus importante que les éleveurs devraient prendre est de traiter systématiquement avec un acaricide, avant leur introduction, tous les animaux provenant des régions infestées, qu'ils soient introduits par un achat ou par un échange.

De plus, les éleveurs devraient aussi faire preuve de vigilance pour leurs troupeaux et les surveiller régulièrement (toutes les semaines par exemple) pour vérifier s'ils présentent la tique ou non. Au cas où les bovins seraient infestés, le détiquage avec un acaricide devrait être la règle, si les tiques sont nombreuses, même si le détiquage manuel par arrachage pourrait éventuellement suffire car il y a le risque de ne pas repérer tous les parasites. Mais dans ce cas, il faut tuer les tiques arrachées soit en les brûlant, soit en les mettant dans l'eau bouillie pour bien s'assurer qu'elles seront mortes.

Si la tique est déjà arrivée dans le village, le ou les éleveurs possédant les animaux infestés devraient communiquer l'évènement à tout le village par l'intermédiaire du chef fokontany ou du chef du village pour que tous les éleveurs soient au courant. Et dans ce cas, des mesures communes à tous les animaux du village pourraient être prises comme le traitement simultané des animaux infestés dans l'espoir d'éradiquer le foyer. Cela permettrait aussi à chacun d'être au courant de la situation et de voir ce qu'il devrait faire pour son troupeau. Ces précautions sont également valables pour toutes les zones encore indemnes de la tique à Madagascar.

Même si le froid n'était pas suffisant pour tuer les nymphes, rappelons qu'elles passaient plus de temps sous le seuil de 10°C sur le site A que sur les sites M et T (où la température minimum était pourtant plus basse). Pour savoir quelle durée sous ce seuil de 10°C (ou sous 6°C ou 8°C) est nécessaire pour tuer les tiques, une étude en laboratoire avec température contrôlée devrait être réalisée (car cela n'a pas encore été fait).

En plus, du fait que les tiques sont cachées dans la végétation, elles sont un peu abritées du froid : il faudrait donc, pour mieux déterminer les températures létales pour les tiques, connaître la relation entre la température mesurée dans l'air et celle subie par les tiques, au sol ou même dans le sol.

Le froid, même s'il n'a pas tué les nymphes, a énormément retardé leur métamorphose en adultes (parfois 20 semaines pour observer les premiers adultes : une diapause de développement chez les nymphes a été donc observée sur les hauts plateaux de Madagascar, alors qu'au Burkina Faso c'est une diapause comportementale des adultes qui avait été notée, ces tiques (présentes dans le milieu dès le début de la saison sèche) ne se mettant en quête d'un hôte qu'après le retour des pluies.

Ainsi, la durée de métamorphose des nymphes *A. variegatum* à Madagascar est-elle beaucoup plus longue (entre 5,5 à 20 semaines, suivant les séries, voir **Tableau X**) alors qu'au Burkina les nymphes se sont transformées en adultes en 4 à 6,5 semaines. La durée de métamorphose la plus rapide a été observée à Mananta (5,5 semaines après dépôt des nymphes). Ceci est expliqué par l'immobilité précoce des nymphes dans ce site par rapport aux deux autres, indiquant qu'elles entament déjà leur métamorphose.

Par exemple, pour les séries 1 et 4 dans ce site, aucune nymphe n'était trouvée mobile trois semaines après leur installation.

Par ailleurs, le froid a aussi maintenu les nymphes mobiles pendant longtemps (parfois jusqu'à 16 semaines après mise en cages, voir **Tableau VI**), indiquant que la métamorphose ne commence pas pendant toute cette période. Dans les trois sites, cette persistance de mobilité était surtout observée lors des séries 2 et 3 (qui étaient installées durant le mois le plus froid, c'est-à-dire, début et fin juillet). C'est ce froid qui explique probablement le ralentissement de développement des nymphes retardant ainsi leur métamorphose en adultes.

Mais certaines des tiques retrouvées mobiles dans les cages sont mortes une fois mises en étuve. Par exemple, dans la cage 21 de la série 4 du site A, dans laquelle les 30 nymphes (12 mobiles et 18 immobiles au moment de l'examen de la cage) ont été retrouvées, aucune tique n'a pu se métamorphoser. Donc, même si les tiques restaient mobiles, l'organisme était atteint et la métamorphose impossible. Par contre, les nymphes burkinabè entamaient déjà leur mue (tiques immobiles, durcies et à cuticule éclaircie) à peine 2 semaines après leur dépôt dans les cages.

La courte durée de métamorphose des nymphes de la dernière série dans chaque site (voir **Tableau X**) s'explique par le fait qu'elles ont été installées dans la période déjà relativement moins froide, ce qui a donc permis l'accélération de leur développement en adulte.

Une très grande variation des résultats a été constatée entre les cages de la même série et sur le même site. Cette constatation est démontrée par la non progressivité des résultats. D'une manière logique, voici ce qui devrait se dérouler pour une même série et dans les cages successivement ouvertes : les tiques sont retrouvées d'abord mobiles puis, immobiles, ensuite, quelques adultes apparaissent et enfin, toutes les tiques sont retrouvées métamorphosées en adultes. Mais, cette logique n'a pas toujours été observée comme le montrent les deux exemples suivants (voir **Figure 23** et **Figure 24**).

Parfois, une forte disparition ou mortalité des tiques a été observée dans une cage alors que dans celle examinée 2 ou 3 semaines plus tard, les résultats étaient bien

meilleurs (voir **Résultat, pages 85 à 89**). Donc, le micro-climat et le micro-environnement sont très importants et le devenir des tiques n'est pas prévisible à petite échelle (on ne sait si elles survivront dans tel ou tel endroit, même si globalement on sait qu'une grande partie survivra).

Cette étude a révélé un meilleur taux de survie des adultes dans les cages examinées en fin de saison sèche (octobre-novembre) que ce qui avait été observé au Burkina où, pourtant, les animaux sont infestés par des dizaines ou des centaines d'*A. variegatum*. Le taux de mortalité de tiques de Madagascar était beaucoup plus faible (6% des tiques installées) que celui observé au Burkina Faso (14 p. 100) et où il y avait beaucoup plus d'adultes morts que de nymphes (187 contre 89) alors que c'était le contraire à Madagascar où les tiques retrouvées mortes étaient surtout des nymphes (113 contre seulement 5 adultes).

Dans les deux pays, la mortalité des tiques était en partie due à l'action des prédateurs mais ces derniers étaient beaucoup plus efficaces au Burkina. Le taux de disparition de tiques était moins important à Madagascar et variable entre les sites : 10% des tiques placées dans les sites T et M et 22% de celles mises dans le site A, alors qu'au Burkina Faso ce taux était de 38%. Les tiques disparaissaient surtout quand le temps se réchauffait, indiquant ainsi que les prédateurs des tiques (fourmis et araignées lycoses), dont l'activité est réduite pendant la saison froide, étaient les principaux responsables de leur disparition.

Au Burkina, certains avaient même été vus en « action » ce qui ne fut pas le cas à Madagascar même si fourmis et araignées ont également été aperçues dans certaines cages. En plus, dans plusieurs cages burkinabè, aucune des tiques installées n'avait été retrouvée. A Madagascar, le taux maximum de disparition, observé sur le site A, fut de 80 p.100. Les prédateurs malgaches des tiques semblent ainsi moins efficaces.

Par ailleurs, c'est encore dans le site A qu'il y avait une proportion importante des tiques dévorées (86% contre 67% et 25% respectivement dans les sites M et T). Cela indique que les prédateurs de tiques dans le site A étaient plus efficaces que ceux des deux autres sites.

Certes, la mortalité des tiques était due principalement aux prédateurs, mais l'action de ces derniers n'est pas très significative à l'échelle des sites. En effet, le nombre de tiques dévorées est très faible par rapport au nombre de tiques vivantes récupérées dans les trois sites, le rapport entre ces deux valeurs étant de 3% à Mananta, 7% à Ambohibe et 2% à Talata. Mais, les nymphes qui constituaient les principales victimes des prédateurs par rapport aux adultes (97% des nymphes étaient mortes dévorées contre 3% seulement des adultes). Les prédateurs (comme le froid) ne sont donc pas suffisants pour empêcher l'installation des tiques dans la région de Mangamila.

À part les prédateurs, la disparition de tiques pourrait aussi être due à la destruction des cages (certaines moustiquaires qui les ont recouverts ont été ajourées par l'action alternative des pluies et du soleil), ce qui avait donc permis à certaines tiques d'en sortir. Et aussi au fait que tout n'ait pas été retrouvé.

A la fin de l'étude, des entretiens ont été effectués avec les éleveurs de chaque site à propos des résultats observés et des recommandations qu'ils devraient suivre du fait de ces derniers. A Ambohibe, site où *A. variegatum* est encore absent, il a été d'autre part demandé aux éleveurs quelle était leur perception concernant le froid lors de la saison fraîche de 2010 par rapport aux autres années. Leur réponse était : « il faisait beaucoup moins froid cette année-ci (en 2010) que les années précédentes (4 à 5 ans passés) ».

A Ambatolampy, lorsque la même question a été posée aux éleveurs de Tsiafajavona rencontrés lors de l'enquête sur la distribution de la tique, ils ont répondu de la même façon que ceux d'Ambohibe. C'est ce qui laisse penser que si l'étude avait été effectuée pendant l'une des 4 ou 5 années précédentes, peut-être le seuil de température qui peut tuer la tique *A. variegatum* aurait pu être mis en évidence.

Un des faits surprenant était que sur le site T (région de TalataVolonondry) où la durée de métamorphose des nymphes était la plus longue (jusqu'à 20 semaines) et son taux le plus faible, pourtant c'est dans ce site que le nombre des heures froides au cours de l'étude était le moins élevé et que les bovins sont les plus infestés par *A. variegatum*. Tandis que le taux de métamorphose était faible à Talata, ce n'était pas le cas à Mananta

et à Ambohibe. Cette constatation est surtout évidente lorsqu'on ne tient compte que les observations faites sur les dernières cages contrôlées (voir **Tableaux XI et XII**).

Ainsi, dans les 3 dernières cages examinées pour les séries 1 et 2 et des deux dernières cages pour les séries 3 et 4 c'est-à-dire les cages ouvertes à la période où l'infestation naturelle des bovins par les tiques adultes démarre, le taux de métamorphose est compris entre 70 à 100%. On peut dire donc que les conditions favorables à la métamorphose des nymphes existent au niveau des micro-habitats choisis pour l'installation des cages dans les sites M et A, ainsi sans doute que dans des parcelles similaires à celles où les cages ont été installées dans ces sites. A Talata, ces bonnes conditions de métamorphose n'ont pas été trouvées par les nymphes dans certaines des cages où elles ont été installées.

Toutes ces observations indiquent que d'autres facteurs, en plus de la température de l'air, influencent le développement des nymphes en adultes. Ces facteurs sont constitués par les micro-habitats observés là où les tiques sont installées, eux-mêmes influencés par la présence d'arbres ou d'arbustes, la nature et la taille des touffes d'herbes, qui sont capables de modifier la température générale en réduisant cette dernière à l'endroit où ces végétations sont présentes, fournissant beaucoup plus de froid et ralentissant ainsi la cinétique de développement des nymphes, voire bloquant ce dernier.

Ce blocage de métamorphose a été d'ailleurs observé dans les cages installées sous des arbres (surtout eucalyptus), donc à l'ombre qui fournissait du froid. Mais il est à rappeler d'autre part que l'enregistreur météorologique du site T n'a pas été placé près des cages car le premier avait été volé, donc les données observées ne sont pas exactement ce que les tiques ont subi.

III.2. Suivi d'infestation de bovins

L'objectif du suivi d'infestation de bovins était dans un premier temps de vérifier que les sites choisis avaient bien les caractéristiques attendues en ce qui concerne la présence ou non de la tique *A. variegatum* et, dans un second temps, de déterminer si l'infestation par les nymphes de cette espèce se prolongeait pendant toute la saison

sèche ou s'interrompait (à cause du froid, ou de l'épuisement des populations présentes dans le milieu) à un moment ou à un autre.

Le phénomène surprenant et inquiétant au cours de ce suivi d'infestation fût d'observer à Ambohibe (site théoriquement dépourvu d'*A. variegatum*) un mâle sur un bovin par contrôle lors deux premiers contrôles successifs. Mais, par la suite, lors de tous les contrôles suivants, aucune de tique de cette espèce ne fût plus observée sur ce site. Ce phénomène est tout à fait logique si on se base sur le renseignement pris : l'animal infesté venait d'être acheté à Manjakandriana quelques semaines auparavant et n'avait pas été détiqué avant son introduction dans le village. Il est à rappeler d'ailleurs que les *A. variegatum* mâles peuvent rester fixés sur leur hôte pendant 3 à 5 mois.

L'observation permanente des nymphes d'*A. variegatum* sur les bovins d'Ambatomahamanina (site T) au cours du suivi signifie qu'elles étaient présentes durant toute la saison sèche. Mais, il n'a pas été déterminé par cette étude le moment à partir duquel ce stade (nymphes) ne sera plus observé sur les animaux. En effet, jusqu'à la mi-novembre (fin de l'étude), des nymphes ont été encore récoltées sur les animaux suivis.

Et une petite diminution de l'infestation des bovins par les nymphes a été constatée quand il faisait très froid (entre juillet et août, **Figure 32** et **Tableau XV**), ce qui peut être un signe du fait que le froid gêne leur recherche d'hôte. Evidemment, cette constatation a été faite à Talata (site où la tique est déjà présente), et elle confirme une fois de plus qu'*A. variegatum* y est bien installée.

Le nombre important des adultes observés sur les bovins à partir du mois d'octobre (début de la saison des pluies) signifie la reprise de l'infestation des animaux par ce stade avec l'installation des pluies (voir **Résultats**). Cette étude confirme l'observation d'autres auteurs sur le fait que les mâles sont observés sur les animaux bien avant les femelles, avant que la pluie ne tombe [6, 74].

Le faible nombre d'*A. variegatum* observé sur le troupeau de Mananta (0 à 0,4 tique par animal en moyenne) correspond à une situation d'infestation récente de la zone. Mais, cette infestation faible et récente indique que les animaux dans ce village

courent un grand risque de survenue de la cowdriose et de la dermatophilose à plus ou moins long terme.

Ainsi, deux mesures devraient être prises par les éleveurs pour y faire face. Premièrement, ne pas enlever les tiques présentes sur les animaux (ce qui permet l'installation de l'immunité contre la cowdriose) tant que ces dernières ne sont pas nombreuses (on intervient à partir de 20 tiques par animal en moyenne). Et deuxièmement, comme l'installation de cette immunité peut durer plusieurs années, il faudrait savoir repérer rapidement un animal soupçonné de cowdriose par ses symptômes cliniques (surtout d'ordre nerveux, voir **pages 31-32**) pour le traiter également rapidement.

En ce qui concerne l'infestation de Talata, même le niveau d'infestation par les nymphes (en moyenne, 2 à 15 tiques par animal par comptage) peut maintenir stable la situation enzootique de la cowdriose dans le troupeau, si l'on se réfère au seuil nécessaire permettant cette stabilité (100 nymphes/animal pour une année) [99].

Ce niveau d'infestation indique qu'*A. variegatum* est bien installée dans la zone et que les dommages directs (dépréciation des cuirs, perte de poids,...) que peut occasionner cette espèce de tique sont à craindre bien que l'étude ne permettait pas exactement de connaître la situation d'infestation du troupeau par les adultes (l'étude se terminait avant la vraie période de pullulation de ce stade).

III.3. Enquête sur la distribution d'*A. variegatum*

Des situations surprenantes à propos de l'infestation par la tique ont été observées aussi bien dans la région d'Anjozorobe que dans la région du Vakinankaratra. Alors qu'il y avait généralement unanimité des éleveurs concernant la présence ou l'absence d'*A. variegatum* dans leur village, il arriva un certain nombre de fois dans les deux zones d'enquête que les points de vue se partagèrent en deux. C'est-à-dire qu'il y avait soit un désaccord entre les éleveurs, soit une hésitation de ces derniers sur la présence ou non de la tique.

Le désaccord se manifestait par deux réponses distinctes, certains éleveurs disant que la tique était présente dans le village et d'autres n'acceptant pas sa présence. C'était

le cas à Antanambao (village situé à 4 km à l'est-nord-est d'Anjozorobe) et à Andranomanelatra (sur la RN 7, à 20 km au nord d'Antsirabe).

En ce qui concerne l'hésitation, cela se manifestait pas la déclaration d'éleveurs disant que les animaux sont infestés à un moment et ne le sont pas à un autre (c'est donc une situation d'infestation irrégulière). Ceci touchait certains villages vers Soanindrariny (à l'est d'Antsirabe) comme Ambatolampy, Ambatolampikely, et certains villages dans la commune d'Ambohidranandriana (Ambanivano, Tambitsy, etc.). Il s'agit peut-être dans tous ces villages d'un début de colonisation par la tique.

Si la tique est signalée depuis 4 ans dans la ville de Soanindrariny, alors qu'elle est encore absente à Vohikely et est-Vontovorona et que sa présence est signalée mais d'une manière irrégulière à Ambatolampy et Ambatolampikely, villages situées à l'ouest, juste avant d'arriver dans la commune, c'est peut-être parce que le centre-ville de la commune est un passage régulier (au moins chaque semaine) de bovins en marche vers les tueries de la capitale, en provenance de la région du sud de l'île (Ambalavao, Ihosy,...), zones sûrement infestées par *A. variegatum*. Ces troupeaux de passage pourraient ainsi disséminer des tiques qui survivraient à certaines périodes et pourraient infester les bovins locaux.

Le fait que dans les villages d'Anjezika et de Tsarasaotra l'on ait signalé *A. variegatum*, même une seule fois, alors qu'ils se trouvent autour de la ville de Mangamila (zone encore indemne de la tique) (voir résultats) est un signe que la tique est parfois introduite dans la zone (par des animaux infestés par exemple) mais que pour le moment, cela n'a pas suffi pour qu'elle s'installe.

Au cours de l'enquête, il a été observé à plusieurs reprises que des villages qui sont pourtant proches ont des situations très différentes. Certains sont infestés, parfois depuis très longtemps, alors que la tique n'est pas signalée dans les autres. Ce phénomène peut s'expliquer par l'absence de communication entre les animaux des deux villages (pâturages différents, pas de déplacements des animaux du village infesté vers le village non infesté).

C'est ce qui se passe par exemple, dans la zone de Mangamila, entre le village d'Antatamokely, qui est infesté, et les autres villages proches, Amboarakely et Analamana, qui ne le sont pas (voir la **carte, Figure 34**). La même situation est retrouvée dans la zone d'Anjozorobe entre Andreba et Ambodifiakarana (villages non infestés) et Ampilanonana (village infesté). Le risque d'infestation des villages encore indemnes serait élevé si leurs animaux avaient une relation avec ceux des villages déjà infestés, soit à la faveur du commerce ou d'échange d'animaux, ou par l'intermédiaire de pâturages communs.

Pour éviter autant que possible l'infestation de ces villages indemnes, les éleveurs devraient traiter systématiquement leurs animaux avec un acaricide s'ils venaient à être achetés parmi, ou échangés avec, ceux des villages infestés, ou s'il arrivait qu'ils partagent les mêmes pâturages que les animaux de ces villages infestés.

Si on tient compte de la durée de présence de la tique dans le village, telle qu'elle est mentionnée par les éleveurs, pour affiner cette analyse, une situation confuse est déjà constatée. En effet, les villages qui seraient les plus récemment infestés (entre 2 à 5 ans) ne sont pas dans la même zone et se trouvent proches d'autres qui le seraient depuis 20, 40 voire 70 ans.

Par exemple, à Anjozorobe, Ampanikely (au nord de la ville) est infesté depuis 3 ans, Sarobaratra (au sud-sud-est de la ville) depuis 5 ans et Ambohinonoka (sur la RN3) depuis 3 ans. Ces villages sont respectivement proches de Miandrarivo qui est colonisé par *A. variegatum* depuis 65 ans, d'Andranokontona où la tique est signalée depuis 70 ans, et de Betsimizara où elle est présente depuis 30 ans. Si ces informations sont avérées, toute prévision d'extension est aléatoire.

L'altitude (et donc le froid) n'est pas un facteur déterminant pour décrire la distribution d'*A. variegatum* dans la zone d'Anjozorobe. Comme il a été vu précédemment, il n'y avait pas de différence entre l'altitude moyenne des zones infestées et celle des zones indemnes (voir **page 104**). Il y a même une situation paradoxale. C'est ce qui a été observé dans la région de Mangamila. En élargissant un peu le champ de discussion, la comparaison de la situation d'Ibity et de Mahaiza (dans

la zone d'Antsirabe) et de celle de certains villages de la zone de Mangamila peut compléter ces observations.

Les deux premiers villages, qui se trouvent respectivement à 1528 et 1548 m d'altitude, sont infestés par la tique d'une manière importante (jusqu'à 200 à 300 tiques par animal), tique qui est présente depuis longtemps, tandis que le deuxième groupe de villages est encore indemne alors que l'altitude la plus élevée qu'on y ait observée était de 1437 m (à Analamana).

Mais, selon les dires des éleveurs et de l'agent vétérinaire du village de Mahaiza, la charge en tiques de leurs animaux aurait surtout augmentée depuis 3 à 4 ans avant 2008 (apparition de l'épidémie de la FVR), année à laquelle un détiqage obligatoire des bovins était imposé par les autorités compétentes de l'élevage (SVR) et de l'Etat de la région du Vakinankaratra (Région). C'est ce qui avait permis une baisse de ce nombre de tiques par la suite. Par ailleurs, l'enquête a observé que ces deux villages (Ibity et Mahaiza) présentent des végétations plus favorables (herbes de grandes touffes, arbres, ...) pour la survie et le développement de la tique, que les autres villages de la région.

Malgré tout, l'enquête dans le Vakinankaratra a permis quand même de montrer qu'il y a actuellement une limite supérieure de distribution d'*A. variegatum* vers 1600-1700 m. Donc, si vers 1400-1500 m la situation est variable entre les régions, en allant trop haut (vers une altitude plus élevée), la tique disparaît (voir la carte de distribution de la tique dans la région, **Figure 35**). En tout cas et étant donné que l'infestation semble récente, les bovins de races améliorées de la zone présentent un risque de contracter la cowdriose et la dermatophilose.

Mais quelles mesures doivent prendre les éleveurs des zones infestées pour lutter contre cette tique ? La recommandation la plus importante est surtout de maintenir autant que possible la stabilité enzootique contre la cowdriose (maladie la plus importante transmise par *A. variegatum*, voir **pages 31-32**). Ainsi, il ne faut pas tenter d'enlever toutes les tiques présentes sur les animaux mais laisser quelques dizaines de tiques (infestation moyenne du troupeau nécessaire à la transmission du pathogène) pour entretenir l'immunité contre cette maladie [136].

En ce qui concerne la lutte contre les tiques, à côté des acaricides, beaucoup de méthodes alternatives à la lutte chimique ont été proposées, mais aucune d'entre elles n'est suffisamment efficace seule dans le contrôle de cette tique. Toutes doivent toujours accompagner l'emploi d'acaricide, d'où le concept de « lutte intégrée » [149, 150].

Il est à noter également que l'usage intensif d'acaricide n'est pas toujours justifié, c'est-à-dire rentable [87, 161], notamment pour les animaux de races locales. Donc, il faudrait alterner l'emploi des produits chimiques avec d'autres méthodes de lutte (par exemple, évitement des zones avérées infestées [6], exploitation des prédateurs de tiques et notamment des poulets qui ont été signalés par Hassan *et al.* et Dreyer *et al.* comme un bon moyen de lutte économique et écologique, essentiellement chez les éleveurs à faible revenus,...) [71, 72].

L'application d'acaricide sur les animaux est plus pratique par utilisation d'un pulvérisateur portatif (moins cher que les autres outils) (voir **page 40**) ou par application topique dorsale d'une formulation « pour-on », très efficace contre *A. variegatum* surtout celles contenant de la flumétrine (pyréthrine de synthèse) (**page 41**) [6, 129].

Pour la lutte collective prise en charge par des associations d'éleveurs dans le but de réduire le coût du traitement, ou pour les agro-éleveurs ayant des moyens financiers suffisants, on peut utiliser les bains détiques ou le pédiluve, également basés sur l'emploi d'acaricide. Le pédiluve est beaucoup plus rentable mais il vise surtout la stase adulte d'*A. variegatum* (voir **pages 41-42**).

Les observations faites durant cette étude indiquent que d'autres facteurs interagissent avec le facteur climatique (en l'occurrence, surtout la température) pour déterminer la présence et l'abondance d'*A. variegatum*. Ainsi, pour expliquer la distribution de cette espèce dans une zone, il faut aussi penser aux autres facteurs comme les caractéristiques de la végétation (présence de touffes d'herbes, d'arbustes, d'arbres,... alors que des prairies rases sont défavorables), la communication entre les animaux de villages voisins (commerce et échange d'animaux), les traitements...

Ainsi, les facteurs empêchant *A. variegatum* de s'installer dans une zone donnée sont divers et ne peuvent être réduits à la seule basse température, même si les observations montrent qu'au-delà de 1600 m, la tique n'est plus trouvée de manière permanente (le cas de Soanindrariny, village situé sur la route des troupeaux menés à la capitale, est particulier).

Pour compléter les mesures de lutte décrites précédemment, le contrôle d'*A. variegatum*, comme celui de certaines tiques redoutables d'Afrique continentale (*Rh. appendiculatus*, *A. hebraeum*, ...), devrait faire appel à tous les acteurs concernés, aussi bien ceux du secteur public (le ministère de l'élevage, la DSV, les vétérinaires chercheurs, les vétérinaires sanitaires, les autorités locales de l'État telles que les responsables dans la Région, dans le District, à la Mairie, les chefs de Fokontany, ...) que ceux du secteur privé (les organismes internationaux comme la FAO et le PAM, les pharmacies vétérinaires, les importateurs des médicaments vétérinaires, les collecteurs de bœufs de commerce et surtout les éleveurs).

D'ailleurs, Pegram *et al.* et de Castro ont aussi souligné l'importance de l'implication de tous les secteurs cités précédemment pour la durabilité des programmes de lutte contre les tiques [87, 162]. De plus, la réussite des campagnes d'éradication d'*A. variegatum* dans les certaines îles des Caraïbes était due à la participation active de toutes ces entités [163]. Leur intervention est surtout indispensable pour empêcher l'installation de la tique dans les zones indemnes.

Le risque le plus élevé de propagation de la tique dans ces zones est lié au flux de commerce de bovidés. Ce flux est principalement observé entre la région du Vakinankaratra (ou plus précisément Antsirabe et les diverses zones voisines, comme Soanindrariny où l'installation d'*A. variegatum* est encore limitée) et les régions sud (Ambalavao, Ihosy, ...) et sud-ouest (Mandoto, Miandrivazo, Morondava, ...) qui sont déjà colonisées par *A. variegatum*.

En fait, tous les bœufs provenant de ces régions et en marche vers la capitale doivent passer dans la région d'Antsirabe, qu'ils soient transportés par camion ou marchent à pied. Ce flux commercial constitue un grand risque pour que cette espèce de tique soit à terme totalement installée dans cette région d'Antsirabe. Uilenberg *et al.*

écrivait déjà en 1979 que l'installation d'*A. variegatum* sur les hauts plateaux est possible par l'introduction régulière de bovins infestés de l'ouest [11]. D'autre part, nous savons maintenant que cette tique peut survivre même dans une zone à altitude élevée.

Pour réduire le risque de colonisation de la région par la tique, la DSV et le département de recherche vétérinaire du FOFIFA (FOFIFA-DRZV, où il y a des vétérinaires spécialistes en la matière), avec l'appui du ministère de l'élevage, devraient organiser et coordonner toutes les mesures de lutte adéquates. Des lois relatives à la lutte contre les tiques, destinées à favoriser le blocage de leur propagation, devraient être créées.

A ce propos, en 2011, un projet visant à élaborer ces lois a été conduit par les chercheurs du FOFIFA-DRZV en compagnie d'un vétérinaire spécialiste en législation vétérinaire de la DSV. Un atelier de concertation sur les méthodes de lutte s'est tenu à Antsirabe, qui a réuni tous les acteurs concernés par la lutte dans les régions du Vakinankaratra et d'Amoron'i Mania (SVR, vétérinaires sanitaires, représentants du district, représentants d'association d'agro-éleveurs, simples éleveurs). Au cours de cet atelier, nombreuses ont été les méthodes de lutte proposées qui permettraient d'empêcher l'extension des tiques (*Rh. (B) microplus* et *A. variegatum*) dans les zones indemnes, limitant ainsi leurs impacts sur les animaux.

Parmi ces méthodes de lutte, les suivantes étaient les plus intéressantes.

- Création d'une technique de détiqage commune (bains détiqeurs, pédiluve) pour les éleveurs d'une zone. Pour cela, il a été suggéré que les éleveurs concernés s'associent pour faciliter la construction de l'infrastructure dont le coût est quand même élevé, surtout celui d'un bain détiqeur (voir plus haut). De telle sorte, la demande de financement auprès des ONG ou même des organismes internationaux (FAO, PAM, ...) serait beaucoup plus facile. La gestion de l'infrastructure serait assurée par l'association et le traitement des animaux devrait être payant (mais avec un prix décidé par tous les membres de l'association) pour permettre l'amortissement et l'entretien de l'équipement.

- Détiquage obligatoire au départ des bovins et des automobiles qui vont les transporter vers les tueries d'Antananarivo. Instauration d'un certificat de détiquage des bovins qui sera à présenter obligatoirement lorsque l'animal se déplace d'une zone à une autre (par exemple d'une commune à l'autre), surtout pour le déplacement en direction d'Antananarivo.

D'après le renseignement pris, les lois qui vont règlementer toutes ces luttes contre les tiques sont en cours de rédaction pour être validées par le ministère concerné.

Pour que les luttes proposées soient efficaces, voici ce que devrait assurer les différents secteurs concernés. La DSV et le ministère de l'élevage devraient au plus vite s'assurer de la mise en vigueur des lois règlementant la lutte contre les tiques, et par la suite surveiller leur mise en pratique sur le terrain.

Les vétérinaires devraient effectuer le contrôle des certificats de détiquage des animaux qui partent de leurs zones d'activité ou qui y passent, lorsque les lois relatives à ce sujet seront mises en vigueur. Les vétérinaires sanitaires ainsi que leurs agents auront la responsabilité d'expliquer aux éleveurs ce qu'est la tique et sa relation avec les animaux, et de les sensibiliser à traiter ces derniers contre les parasites à l'occasion par exemple des campagnes de vaccination obligatoire des bovidés.

Les éleveurs ou les collecteurs de bœufs devraient traiter leurs animaux contre les tiques surtout lorsque ces derniers seront déplacés vers une autre zone. La lutte contre les tiques est donc une bataille impliquant tous les acteurs, surtout celle contre *A. variegatum* dont l'importance est connue par rapport à *Rh. (B) microplus* et même par rapport aux autres espèces de tiques importantes d'Afrique (*Rh. appendiculatus*, *A. hebraeum*,...) (voir **chapitre 1.6**).

CONCLUSION

CONCLUSION

L'étude de la survie et de la métamorphose des nymphes gorgées d'*A. variegatum*, réalisée dans la région de Mangamila (site A) où elle n'est pas encore installée, a montré que les températures plus froides sévissant dans cette zone ne causent pas de mortalité importante (6% des tiques installées seulement) et n'empêchent pas les nymphes de se métamorphoser en adultes. Quant à la durée de métamorphose des nymphes, elle a varié de 5,5 à 20 semaines dans les trois sites. Le suivi d'infestation des bovins à Ambohibe (site A) n'a permis de trouver aucune tique *A. variegatum* (sauf les mâles amenés par les animaux nouvellement introduits), alors qu'elles étaient observées sur les troupeaux de Mananta et surtout sur ceux de Talata Volon'ondry où elles étaient abondantes (jusqu'à 15 tiques par animal en tout début de saison des pluies). L'enquête sur la distribution de la tique dans la région d'Anjozorobe a montré qu'elle reste encore absente dans une zone centrée autour de la ville de Mangamila. Mais, elle est déjà présente partout autour d'Anjozorobe, à l'exception de quelques zones isolées, par exemple vers Antsahabe-est, Anosivola. La région du Vakinankaratra commence quant à elle à être envahie par cette tique qui est déjà signalée à Ambatolampy, Faratsiho, voire Antsirabe, etc. Sa répartition est cependant encore limitée, puisqu'elle est notamment absente de certaines zones comme des villages situés sur la RN7 et certaines zones à l'est d'Antsirabe (vers Soanindrariny).

La lutte contre cette tique devrait être mise en œuvre par tous les secteurs concernés (publiques ou privés) pour limiter les dégâts qu'elle peut occasionner sur le bétail. Car ces dégâts seront d'autant plus importants que les animaux infestés seront encore naïfs vis-à-vis de ce parasite. Or, notre étude montre l'importance de cette tique, et prouve notamment qu'elle pourrait sans doute s'installer dans des zones encore indemnes, où les risques seraient implorants car les bovins et les petits ruminants élevés ne la connaissent pas. Cette étude a aussi permis d'étoffer les connaissances actuelles sur les tiques des ruminants à Madagascar, montrant par exemple que *A. variegatum* avait une stratégie de survie pendant la saison sèche mais froide différente de celle observée dans les pays plus chaud pendant la même saison sèche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Jongejan F, Uilenberg G. Ticks and control methods. Rev Sci Tech. 1994 December ; 13(4):1201-26.
- 2- de Castro JJ, Newson RM. Host resistance in cattle tick control. Parasitol Today. 1993 ; 9 (1) : 13-7.
- 3- Pegram RG, Tatchell RJ, de CastroJJ, Chizyuka HGB, Creek MJ, McCosker PJ, et al. Tick control: new concepts. World Animal Review. 1993; 74/75 (1-2): 2-11.
- 4- Caribbean Animal Health Network (CaribVet). Heartwater. January 2011b. Disponible à <http://www.caribvet.net/en/monograph-1> (accès le 12 novembre 201).
- 5- Stachurski F, Lancelot R. Footbath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. Med Vet Entomol. 2006 December ; 20 (4) : 402-12.
- 6- Stachurski F. Modalités de la rencontre entre la stase adulte de la tique *Amblyomma variegatum* (acari, ixodida) et les bovins : applications potentielles à la lutte contre ce parasite [Thèse]. Parasitologie : Montpellier ; 2000. 264 p.
- 7- Barré N. Biologie et écologie de la tique *Amblyomma variegatum* (Acarina : Ixodina) en Guadeloupe (Antilles Françaises) [Thèse]. Parasitologie : Paris ; 1989. 268 p.
- 8- Barré N, Uilenberg G. Spread of parasites transported with their hosts: case study of two species of cattle tick. Rev Sci Tech. 2010 April ; 29 : 149-60, 137-47.
- 9- Raynaud JP, Uilenberg G. Prospection des hématozoaires et tiques de bovins à Madagascar. Rev Elev Méd Vét Pays trop. 1962 ; 15 : 147-53.
- 10- Walker JB, Olwage A. The tick vectors of *Cowdria ruminantium* (Ixodoidea, Ixodidae, genus *Amblyomma*) and their distribution. Onderstepoort J Vet Res. 1987 September ; 54: 353-79.
- 11- Uilenberg G, Hoogstraal H, Klein JM. Les tiques (Ixodoidea) de Madagascar et leur rôle vecteur. Antananarivo : Arch Inst Pasteur de Madagascar (numéro spécial) ; 1979.

- 12- Meyer C. Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [06/03/2013]. <URL : <http://dico-sciences-animales.cirad.fr/> >.
- 13- Walker AR, Bouattour A, Camicas JL, Estrada-Peña A, Horak IG, Latif AA et al. Ticks of Domestic Animals in Africa: A Guide to Identification of Species. Edinburgh : Bioscience Reports ; 2003.
- 14- Black WC, Piesman J. Phylogeny of hard and soft tick taxa (*Acari : Ixodida*) based on mitochondrial 16S rDNA sequences. Proc Natl Acad Sci USA. 1994 ; 91 : 10034-38.
- 15- Camicas JL, Morel PC. Position systématique et classification des tiques (*Acarida : Ixodida*). Acarologia. 1977; 18 (3) : 410-20.
- 16- Guglielmone AA, Robbins RG, Apanaskevich DA, Petney TN, Estrada-Peña A, Horak IG, et al. The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: a list of valid species names. Zootaxa. 2010; 2528: 1–28.
- 17- Petney TN, Robbins RG, Guglielmone AA, Apanaskevich DA, Estrada- Peña A, Horak IG, et al. A Look at the World of Ticks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011: 283-96.
- 18- Georgi JR, Georgi ME. Arthropods: family Ixodidae. In : Georgi JR & Georgi ME, dir. Parasitology for Veterinarians, 5th edition. W.B. Philadelphia : Saunders Co ; 1990 ; 1-76.
- 19- Camicas JL, Hervy JP, Adam F, Morel PC. Les tiques du monde / The ticks of the world (Nomenclature, stades décrits, hôtes, répartition). Paris : ORSTOM Editions ; 1998.
- 20- Morel PC. Maladies à tiques du bétail en Afrique. In : Chartier C, Itard J, Morel PC, Troncy PM, dir. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux ; 2000. p. 452-769.
- 21- Morel PC. Maladies à tiques du bétail en Afrique. In Troncy PM, Itard J, Morel P, dir. Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Paris : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux ; 1981. p. 473-717.

- 22- Center for Food Security and Public Health (CFSPH). *Amblyomma variegatum*. International Veterinary Information Service. December 2006. Disponible à http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/amblyomma_variegatum.pdf (accès le 08 Août 2013).
- 23- Center for Food Security and Public Health (CFSPH). *Amblyomma variegatum*. International Veterinary Information Service. September 2009. Disponible à http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/amblyomma_variegatum.pdf (accès le 05 décembre 2013).
- 24- Walker AR, Bouattour A, Camicas JL, Estrada-Peña A, Horak IG, Latif AA, et al. Ticks of Domestic Animals in Africa: A Guide to Identification of Species. Edinburgh : Bioscience Reports, 2007.
- 25- Pérez-Eid C. Les tiques : identification, biologie, importance médicale et vétérinaire. Cachan : Édition Médicales Internationales – Lavoisier ; 2007.
- 26- Camicas JL, Cornet JP. Contribution à l'étude des tiques du Sénégal (Acarida ; Ixodida). 3. Biologie et rôle pathogène d'*Amblyomma variegatum*. Afr Méd. 1981 ; 20 (191): 335-44.
- 27- Petney TN, Horak IG, Rechav Y. The ecology of the african vectors of heartwater, with particular reference to *Amblyomma hebraeum* and *A.variegatum*. Onderstepoort J Vet Res. 1987; 54: 381-95.
- 28- Pegram RG, Banda DS. Ecology and phenology of cattle ticks in Zambia: development and survival of free-living stages. Exp Appl Acarol. 1990 April; 8 (4) : 291-301.
- 29- Barré N, Mauléon H, Garris GI, Kermarrec A. Predators of the tick *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) in Guadeloupe, French West Indies. Exp Appl Acarol. 1991 october; 12 (3-4): 163-70.
- 30- Meltzer MI. A possible explanation of the apparent breed-related resistance in cattle to bont tick (*Amblyomma hebraeum*) infestations. Vet Parasitol. 1996; 67 : 275-9.

- 31- Hart BL. Behavioural defense against parasites: interaction with parasite invasiveness. *Parasitology*. 1994; 109: 139-51.
- 32- Norval RAI, Yunker CE, Duncan IM, Peter T. Pheromone/acaricide mixtures in the control of the tick *Amblyomma hebraeum*: effects of acaricides on attraction and attachment. *Exp Appl Acarol*. 1991 June; 11 (2-3) : 233-40.
- 33- Norval RAI & Rechav Y. An assembly pheromone and its perception in the tick *Amblyomma variegatum* (Acarina : Ixodidae). *J Med Entomol*. 1979; 16 (6): 507-11.
- 34- Sonenshine DE, Silvestein RM, Rechav Y. Tick pheromone mechanisms. In *Physiology of ticks*. Oxford. Pergamon Press *Ltd*, 1982: 509.
- 35- Yonow T. The life-cycle of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae): a literature synthesis with a view to modelling. *Int J Parasitol*. 1995 September; 25 (9): 1023-60.
- 36- Norval RAI, Peter T, Yunker CE, Sonenshine DE, Burridge MJ. Responses of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A.variegatum* to known or potential components of the aggregation-attachment pheromone. II. Attachment stimulation. *Exp Appl Acarol*. 1991; 13: 19-26.
- 37- Barré, N. Mesures agronomiques permettant une diminution des populations de la tique *Amblyomma variegatum*. *Rev Élev Méd vét Pays trop*. 1988 ; 41 (4): 387-93.
- 38- Norval RAI, Andrew HR, Yunker CE, Burridge MJ. Biological processes in the epidemiology of heartwater. In: Fivaz B , Petney T, Horak I, dir. *Tick vector biology*. Berlin: Berlin Springer-Verlag; 1992. p. 71-86.
- 39- Rechav Y. Drop-off rhythms of engorged larvae and nymphs of the bont tick, *Amblyomma hebraeum* (Acari : Ixodidae), and the factors that regulate them. *J Med Entomol*. 1978; 14 (6): 677-87.
- 40- Achukwi MD, Tanya VN, Messine O, Njongmeta LM. Etude comparative de l'infestation des bovins Namchi (*Bos taurus*) et Goudali de Ngaoundéré (*Bos indicus*)

par la tique adulte *Amblyomma variegatum*. Rev Élev Méd vét Pays trop. 2001; 54 (1) : 37-41.

41- Mattioli RC, Dempfle L. Recent acquisitions on tick and tick-borne disease resistance in N'dama (*Bos taurus*) and Gobra zebu (*Bos indicus*) cattle. *Parassitologia*. 1995 April; 37 (1) : 63-7.

42- Morrow AN, Koney EB, Heron ID. Control of *Amblyomma variegatum* and dermatophilosis on local and exotic breeds of cattle in Ghana. *Trop Anim Health Prod*. 1996 May; 28: 44-9.

43- Minshull JI, Norval RAI. Factors influencing the spatial distribution of *Rhipicephalus appendiculatus* in Kyle Recreational Park, Zimbabwe. *S Afr J Wildl Res*. 1982; 12: 118-23.

44- Barnard D.R. Mechanisms of host-tick contact with special reference to *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in beef cattle forage areas. *J Med Entomol*. 1991 Septembre; 28 (5) : 557-64.

45- Punyua DK, Hassan SM. The role of host management in tick population changes on Rusinga Island, Kenya. *Exp Appl Acarol*. 1992 April; 14 (1) : 61-5.

46- Voutoulou N. Oviposition et longévité de la tique *Amblyomma variegatum* Fabricius, 1794 (Ixodoidea: Ixodidae) en République Populaire du Congo. *Rev Élev Méd vét Pays trop*. 1987; 40 (3) : 279-82.

47- Short NJ, Norval RA. The seasonal activity of *Rhipicephalus appendiculatus* Neumann 1901 (Acarina: Ixodidae) in the highveld of Zimbabwe Rhodesia. *J Parasitol*. 1981 February; 67 (7) : 77-84.

48- Short NJ, Norval RA. Regulation of seasonal occurrence in the tick *Rhipicephalus appendiculatus* Neumann, 1901. *Trop Anim Health Prod*. 1981 February; 13 (1) : 19-26.

- 49- Norval RAI, Yunker CE, Butler JF. Field sampling of unfed adults of *Amblyomma hebraeum* Koch. *Exp Appl Acarol.* 1987; 3: 213-7.
- 50- Norval RAI, Andrew HR, Yunker CE. Pheromone-mediation of host-selection in bont ticks (*Amblyomma hebraeum* Koch). *Science.* 1989; 243: 364-5.
- 51- Norval RAI, Perry BD, Meltzer M.I, Kruska RL, Booth TH. Factors affecting the distributions of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* in Zimbabwe: implications of reduced acaricide usage. *Exp Appl Acarol.* 1994 July; 18: 383-407.
- 52- Maranga RO, Hassanali A, Kaaya GP, Mueke JM. Attraction of *Amblyomma variegatum* (ticks) to the attraction-aggregation-attachment-pheromone with or without carbon dioxide. *Exp Appl Acarol.* 2003 ; 29 (1-2) :121-30.
- 53- Barré N, Garris GI, Lorvelec O. Field sampling of the tick *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) on pastures in Guadeloupe ; attraction of CO₂ and/or tick pheromones and conditions of use. *Exp Appl Acarol.* 1997 Février; 21: 95-108.
- 54- Barré N, Naves M, Aprelon R, Fargetton M, L'Hostis M. Attractivity of cattle infested by *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) for conspecific adult ticks from the field in Guadeloupe. *Exp Appl Acarol.* 1998; 22 : 297-308.
- 55- Sonenshine DE, Allan SA, Peter TF, McDaniel R, Burridge MJ. Does geographic range affect the attractant-aggregation-attachment pheromone of the tropical bont tick, *Amblyomma variegatum*? *Exp Appl Acarol.* 2000 April; 24: 283-99.
- 56- Norval RAI, Peter T, Meltzer MI. A comparison of the attraction of nymphs and adults of the ticks *Amblyomma variegatum* and *A. hebraeum* to carbon dioxide and the male-produced aggregation-attachment pheromone. *Exp Appl Acarol.* 1992 February; 13 (3) : 179-86.
- 57- Sonenshine DE. Pheromones and other semiochemicals of the Acari. *Ann Rev Entomol.* 1985; 30: 1-28.

- 58- Mc Mahon C, Guerin PM. Responses of the tropical bont tick, *Amblyomma variegatum* (Fabricius), to its aggregation-attachment pheromone presented in an air stream on a servosphere. J Comp Physiol A. 2000 January; 186 (1) : 95-103.
- 59- Schöni R, Hess E, Blum W, Ramstein K. The aggregation-attachment pheromone of the tropical bont tick *Amblyomma variegatum* Fabricius (Acari, Ixodidae): isolation, identification and action of its components. J Insect Physiol. 1984; 30: 613-8.
- 60- Norval RAI, Peter T, Yunker CE, Sonenshine DE, Burridge MJ. Responses of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* to known or potential components of the aggregation-attachment pheromone. I. Long-range attraction. Exp Appl Acarol. 1991; 13 : 11-8.
- 61- Norval RAI, Peter T, Sonenshine DE, Burridge MJ. Responses of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* to known or potential components of the aggregation-attachment pheromone. III. Aggregation. Exp Appl Acarol. 1992 December; 16 (3) : 237-45.
- 62- Norval RAI, Peter T, Meltzer MI, Sonenshine DE, Burridge, MJ. Responses of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* to known or potential components of the aggregation-attachment pheromone. IV. Attachment stimulation of nymphs. Exp Appl Acarol. 1992 December; 16 (1) : 247-53.
- 63- Yunker CE, Peter T, Norval RA, Sonenshine DE, Burridge MJ, Butler JF. Olfactory responses of adult *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* (Acari: Ixodidae) to attractant chemicals in laboratory tests. Exp Appl Acarol. 1992 March; 13 (4) : 295-301.
- 64- Barré N, Pavis C. Essai d'attraction d'*Amblyomma variegatum* (Acarina : Ixodina) sur des bovins préalablement traités avec des phéromones d'agrégation-fixation et un acaricide pyréthriinoïde. Revue Élev Méd vét Pays trop. 1992; 45 (1): 33-6.
- 65- Rechav Y. Migration and dispersal patterns of three african ticks (Acari: Ixodidae) under field conditions. J Med Entomol. 1979; 16 (2): 150-63.

- 66- Stachurski F, Musonge EN, Achu-Kwi MD, Saliki JT. Impact of natural infestation of *Amblyomma variegatum* on the liveweight gain of male Gudali cattle in Adamawa (Cameroon). *Vet Parasitol.* 1993 September; 49 (2-4) : 299-311.
- 67- Stachurski F, Zoungrana S, Konkobo M. Moulting and survival of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) nymphs in quasi-natural conditions in Burkina Faso; tick predators as an important limiting factor. *Exp Appl Acarol.* 2010 December; 52 (4) : 363-76. DOI: 10.1007/s10493-010-9370-z.
- 68- Wilkinson PR. Factors affecting the distribution and abundance of the cattle tick in Australia : observations and hypotheses. *Acarologia.* 1970; XII (3): 492-508.
- 69- Short NJ, Floyd RB, Norval RA, Sutherst RW. Development rates, fecundity and survival of developmental stages of the ticks *Rhipicephalus appendiculatus*, *Boophilus decoloratus* and *B. microplus* under field conditions in Zimbabwe. *Exp Appl Acarol.* 1989 March; 6 (2) : 123-41.
- 70- Butler JF, Camino ML, Perez TO. *Boophilus microplus* and the fire ant *Solenopsis geminata*. *Recent Advances in Acarology*, 1979; 1: 469-72.
- 71- Hassan SM, Dipeolu, OO, Amoo AO, Odhiambo TR. Predation on livestock ticks by chickens. *Vet Parasitol.* 1991 March; 38 (2-3) : 199-204.
- 72- Dreyer K, Fourie LJ, Kok DJ. Predation of livestock ticks by chickens as a tick-control method in a resource-poor urban environment. *Onderstepoort J vet Res.* 1997; 64 (4): 273-6.
- 73- Merlin P, Tsangueu P, Rousvoal D. Dynamique saisonnière de l'infestation des bovins par les tiques (Ixodoidea) dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. II. Elevage extensif traditionnel. *Rev Élev Méd vét Pays trop.* 1987; 40: 133-40.
- 74- Bayemi PH. Dynamique saisonnière de l'infestation des bovins par les tiques (Ixodoidea) des bovins commercialisés dans la région de Yaoundé, Cameroun. *Rev Élev Méd vét Pays trop.* 1991; 44: 309-18.

- 75- Pegram RG, Lemche J, Chizyuka HGB., Sutherst RW, Floyd RB, Kerr JD, McCosker PJ. Ecological aspects of cattle tick control in central Zambia. *Med Vet Entomol.* 1989 July; 3 (3): 307-12.
- 76- Pegram RG, Mwase ET, Zivkovic D, Jongejan F. Morphogenic diapause in *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae). *Med Vet Entomol.* 1988 October; 2 (4) : 301-7.
- 77- Norval RAI, Sutherst RW, Kurki J, Gibson JD & Kerr JD. The effect of the brown ear-tick *Rhipicephalus appendiculatus* on the growth of Sanga and european breed cattle. *Vet Parasitol.* 1988 December; 30 (2) : 149-64.
- 78- Norval RAI, Sutherst RW, Jorgensen OG, Gibson JD, Kerr JD. The effect of the bont tick (*Amblyomma hebraeum*) on the weight gain of Africander steers. *Vet Parasitol.* 1989; 33: 329-41.
- 79- Pegram RG, Lemche J, Chizyuka HGB, Sutherst RW, Floyd RB, McCosker PJ. Effect of tick control on liveweight gain of cattle in central Zambia. *Med Vet Entomol.* 1989 July; 3 (3) : 313-20.
- 80- Caribbean Animal Health Network (CaribVet). Dermatophilosis. January 2011a. <http://www.caribvet.net/en/monograph-0> (20 February 2012).
- 81- Barré N, Matheron G, Lefèvre PC, Le Goff C, Rogez B, Roger F et al. La dermatophilose des bovins à *Dermatophilus congolensis* dans les Antilles françaises. I. Caractéristiques des lésions et de la réponse sérologique. *Rev Élev Méd vét Pays trop.* 1988 ; 41 : 129-38
- 83- Mattioli RC, Jaitner J, Bah M. Efficiency and cost of strategic use of acaricide for tick control in N'Dama cattle in The Gambia. *Med Vet Entomol,* 1999; 13: 33-40.
- 84- Pegram RG, Oosterwijk GP. The effect of *Amblyomma variegatum* on liveweight gain of cattle in Zambia. *Med Vet Entomol.* 1990 July; 4 (3): 327-30.

- 85- Sutherst RW, Maywaldn GF, Kernn JD, Stegeman DA. The effect of cattle tick (*Boophilus microplus*) on the growth of *Bos indicus* x *Bos taurus* steers. Aust J Agr Res. 1983; 34: 317-27.
- 86- Jonsson NN, Mayer DG, Matschoss AL, Green PE, Ansell J. Production effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation of high yielding dairy cows. Vet Parasitol. 1998 July; 78 (1): 65-77.
- 87- Pegram RG, James AD, Oosterwijk GP, Killorn KJ, Lemche J, Ghirotti M, et al. Studies on the economics of ticks in Zambia. Exp Appl Acarol. 1991 September; 12 (1-2): 9-26.
- 88- Norval RAI, Sutherst RW, Kurki J, Kerr JD, Gibson JD. The effects of the brown ear-tick, *Rhipicephalus appendiculatus*, on milk production of Sanga cattle. Med Vet Entomol. 1997; 11: 148-54.
- 89- Norval RAI, Sutherst RW, Jorgensen OG, Kerr JD. The effects of the bont tick, *Amblyomma hebraeum*, on milk production of Sanga and Sanga x Brahman cattle. Med Vet Entomol. 1997 ; 11: 143-47.
- 90- Barré N, Morel PC. Tiques (Acariens, Ixodoidea) des Mascareignes (Océan Indien) et maladies transmises. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1983; 36 (4): 371-7.
- 91- Bezuidenhout JD. Natural transmission of heartwater. Onderstepoort J Vet Res. 1987 September; 54(3): 349-51.
- 92- Office International de l'Épizootie (OIE). Cowdriose. Manuel terrestre de l'OIE 2005. Disponible à http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.2.7_Cowdriose.pdf (accès le 08 novembre 2013).
- 93- Office International de l'Épizootie (OIE). Cowdriose. Manuel Terrestre de l'OIE 2008. Disponible à www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health.../Volume1_Manuel2008_fr.pdf (accès le 05 décembre 2013).

- 94- Office International de l'Épizootie (OIE). Heartwater - Cowdriosis. World Organization for Animal Health. October 2009. Disponible à http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/HEAR_TWATER_FINAL.pdf (accès le 05 décembre 2012).
- 95- Camus E, Barré N, Martinez D, Uilenberg G. Heartwater (cowdriosis), a review. , Paris: Office International des Epizooties (OIE); 1996.
- 96- Gueye. Tiques et maladies transmises au Sénégal données actuelles. Rev Sénégal des Rech Agric et Halieu. 1988; 1: 30-5.
- 97- Barré N, Garris GI. Biology and ecology of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) in the caribbean: implications for a regional eradication program. J agr entomol. 1989; 7 (1) : 1-9.
- 98- Deem SL, Donachie PL, Norval RAI. Colostrum from dams living in a heartwater-endemic area influences calfhood immunity to *Cowdria ruminantium*. Vet Parasitol. 1996; 61: 133-44.
- 99- Mahan SM, Peter TF, Simbi BH, Burrige MJ. PCR detection of *Cowdria ruminantium* infection in ticks and animals from heartwater-endemic regions of Zimbabwe. Ann N Y Acad Sci. 1998; 849: 85-7.
- 100- Martinez D, Aumont G, Moutoussamy M, Gabriel D, Tatareau AH, Barré N, Vallée F, Mari B. Epidemiological studies on dermatophilosis in the Caribbean. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1993; 46 (1-2) : 323-7.
- 101- Martinez D, Barré N, Mari B, Vidalenc T. Studies of the role of *Amblyomma variegatum* in the transmission of *Dermatophilus congolensis*. Tick Vector Biology. 1992 ; 87- 99.
- 102- Barré N, Garris GI, Borel G, Camus E. Hosts and population dynamics of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) on Guadeloupe, French West Indies. J Med Entomol. 1988; 25 (2): 111-5.

- 103- Lloyd CM, Walker AR. The systemic effect of adult and immature *Amblyomma variegatum* ticks on the pathogenesis of dermatophilosis. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1993; 46 (1-2): 313-6.
- 104- Walker AR, Lloyd CM. Experiments on the relationship between feeding of the tick *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) and dermatophilosis skin disease in sheep. J Med Entomol. 1993; 30 (1) : 136-43.
- 105- Berhanu D, Woldemeskel M. Bovine dermatophilosis and its influencing factors in Central Ethiopia. Zentralbl Veterinarmed A. 1999 Décembre; 46 (10):593-7.
- 106- Woldemeskel M, Taye G. Prevalence of bovine dermatophilosis in a tropical highland region of Ethiopia. Trop Anim Health Prod. 2002 May; 34 (3) :189-94.
- 107- Dégallier N, Cornet JP, Saluzzo JF, Germain M, Hervé JP, Camicas JL et al. Ecologie des arbovirus à tiques en République Centrafricaine. Bull Soc Pathol Exot. 1985; 78 : 296-310.
- 108- Camicas JL, Cornet JP, Gonzalez JP, Wilson ML, Adam F, Zeller HG. La fièvre hémorragique de Crimée-Congo au Sénégal. Dernière données sur l'écologie du virus CCHF. Bull Soc Pathol Exot. 1994; 87 (1): 11-6.
- 109- Cumming GS. Using habitat models to map diversity: pan-African species richness of ticks (Acari: Ixodida). J. Biogeogr. 2000; 27: 425-40.
- 110- Estrada-Peña A, Pegram RG, Barré N, Venzal JM. Using invaded range data to model the climate suitability for *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) in the New World. Exp appl Acarol. 2007; 41: 203-14.
- 111- Yeoman GH, Walker JB. The ixodid ticks of Tanzania. Common wealth Institute of Entomology, London, 1967.
- 112- Norval RAI, Perry BD, Krusha R, Kundert K. The use of climate data interpolation in estimating the distribution of *Amblyomma variegatum* in Africa. Prev vet Med. 1991; 11: 365-6.

- 113- Gomes AF. The tick vectors of cowdriosis in Angola. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1993; 46: 237-43.
- 114- Uilenberg G. Extension de la tique *Amblyomma variegatum* dans les Antilles: comment expliquer cette grave menace et que faire? Rev Élev Méd vét Pays trop. 1993; 43 (3): 297-9.
- 115- Barré N, Garris G, Camus E, 1995. Propagation of the tick *Amblyomma variegatum* in the Caribbean. Rev sci tech Off int Epiz. 1995; 14 (3): 841-55.
- 116- Barré N, Camus E, Delaporte J. Essai de la fluméthrine pour le contrôle de la tique *Amblyomma variegatum* dans un élevage bovin en Guadeloupe. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1987; 40 (2): 127-31.
- 117- Pascucci I, Conte A, Scacchia M. Use of geographic information systems to identify areas at risk of introducing *Amblyomma variegatum* and *A. hebraeum* to Italy. Vet Ital. 2007 July-September; 43 (3): 655-61.
- 118- Uilenberg G. Experimental transmission of *Cowdria ruminantium* by the Gulf Coast tick *Amblyomma maculatum*: Danger of introducing heartwater and benign African theileriasis onto the American mainland. Am J vet Res. 1982; 43 : 1279-82.
- 119- Uilenberg G. Acquisitions nouvelles dans la connaissance du rôle vecteur des tiques du genre *Amblyomma* (Ixodidae). Rev Élev Méd vét Pays trop. 1983 ; 36: 61-6.
- 120- Bokma BH, Shaw JL. Eradication of a new focus of *Amblyomma variegatum* in Puerto Rico. Rev Élev Méd vét Pays trop. 1993; 46 (1-2) : 355-8.
- 121- Pegram RG, de Castro J.J, Wilson DD. The CARICOM/FAO/IICA Caribbean *Amblyomma* Programme. Ann NY Acad Sci. 1997; 849: 343-8.
- 122- Pegram RG, Gersabeck EF, Wilson D, Hansen JW. Eradication of the tropical bont tick in the Caribbean: is the Caribbean *Amblyomma* program in a crisis? Ann N Y Acad Sci. 2002; 969 : 297-305.

- 123- Pegram R, Indar L, Eddi C, George J. The Caribbean *Amblyomma* Program: some ecologic factors affecting its success. *Ann NY Acad Sci.* 2004; 1026: 302-11.
- 124- Pegram R.G. End of the Caribbean *Amblyomma* Programme. *ICTTD Newsl.* 2006; 30: 4-6.
- 125- Dipeolu OO, Mongi AO, Punyua DK, Latif AA, Amoo OA, Odhiambo TR. Current concepts and approach to control of livestock ticks in Africa. *Discovery and Innovation.* 1992; 4 (2): 35-44.
- 126- John EG. Present and Future Technologies for Tick Control. *Ann NY Acad Sci.* 2006, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05340.x>
- 127- Chizyuka HGB, Mulilo JB. Methods currently used for the control of multi-host ticks: their validity and proposals for future control strategies. *Parassitologia*, 1990 April; 32 (1): 127-32.
- 128- Schröder J. Chemical control of ticks on cattle. In: Fivaz B, Petney T & Horak I, dir. *Tick vector biology.* Berlin : Berlin, Springer-Verlag; 1992; 175-84.
- 129- Barré N, Garris G, Aprelon R. Acaricides for eradication of the tick *Amblyomma variegatum* in the Caribbean. *Rev Elev Med Vet Pays Trop.* 1993; 46 (1-2): 349-54.
- 130- Lawrence JA. History of bovine theileriosis in southern Africa. In: Norval RAI, Perry BD, Young AS, dir. *The epidemiology of theileriosis in Africa.* London: Academic Press; 1992: 1-39.
- 131- Norval RAI, Sonenshine DE, Allan SA, Burridge MJ. Efficacy of pheromone-acaricide-impregnated tail-tag decoys for controlling the bont tick, *Amblyomma hebraeum* (Acari: Ixodidae), on cattle in Zimbabwe. *Exp Appl Acarol.* 1996; 20: 31-46.
- 132- Allan SA, Barré N, Sonenshine DE, Burridge MJ. Efficacy of tags impregnated with pheromone and acaricide for control of *Amblyomma variegatum*. *Med Vet Entomol.* 1998 April; 12 (2): 141-50.

- 133- Hamel HD, Duncan IM. Cattle tick control in Zimbabwe with flumethrin 1% pour-on. *Vet Med Rev.* 1986; 2: 115-22.
- 134- Hamel HD. The use of flumethrin 1% pour-on for the control of *Amblyomma spp.* In various southern African countries. *Onderstepoort J Vet Res.* 1987 September; 54 (3): 521-4.
- 135- Duncan IM. Tick control on cattle with flumethrin pour-on through a Duncan Applicator. *J S Afr Vet Assoc.* 1992 September ; 63 (3) : 125-7.
- 136- Stachurski F, Bouyer J, Bouyer F. Lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : méthode innovante utilisée en zone périurbaine subhumide du Burkina Faso. *Rev Élev Méd vét Pays trop.* 2005 ; 58 (4) : 221-8.
- 137- Graf JF, Gogolewski R, Leach-Bing N, Sabatini GA, Molento MB, Bordin EL, et al. Tick control: an industry point of view. *Parasitology.* 2004; 129: 427-42. DOI: 10.1017/S0031182004006079.
- 138- Ghosh S, Azhahianambi P, Yadav MP. Upcoming and future strategies of tick control: a review. *J Vector Borne Dis.* 2007; 44: 79-89.
- 139- Kunz SE, Kemp DH. Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. *Rev Sci Tech.* 1994 December; 13 (4): 1249-86.
- 140- Frisch JE. Towards a permanent solution for controlling cattle ticks. *Int J Parasitol.* 1999 January; 29 (1): 57-71.
- 141- Jonsson NN, Hope M. Progress in the epidemiology and diagnosis of amitraz resistance in the cattle tick *Boophilus microplus*. *Vet Parasitol.* 2007 May; 146 (3-4): 193-8.
- 142- George JE, Pound JM, Davey RB. Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides. *Parasitology.* 2004; 129: 353-66.

- 143- Foil LD, Coleman P, Eisler M, Fragoso-Sanchez H, Garcia-Vazquez Z, Guerrero FD et al. Factors that influence the prevalence of acaricide resistance and tick-borne diseases. *Vet Parasitol.* 2004 October; 125 (1-2): 163-81.
- 144- Garris GI, Barré N. Acaricide susceptibility of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) from Puerto Rico and Guadeloupe. *Exp Appl Acarol.* 1991; 12: 171-9.
- 145- Barré N. Les tiques des ruminants dans les Petites Antilles : biologie, importance économique, principes de lutte. *INRA Productions Animales.* 1997; 10 (1): 111-9.
- 146- Uilenberg G. La tique *Amblyomma variegatum* (Ixodidae) apparemment résistante à l'arsenic à Madagascar. *Rev Élev Méd vét Pays trop.* 1975; 28: 405-8.
- 147- Luguru SM, Chizyuka HGB, Musisi FL. A survey for resistance to acaricides in cattle ticks (Acari: Ixodidae) in three majors traditional cattle areas in Zambia. *Bulletin of entomological Research.* 1987; 77 (4): 569-74.
- 148- Adakal H, Stachurski F, Chevillon C. Tick control practices in Burkina Faso and acaricide resistance survey in *Rhipicephalus (Boophilus) geigy* (Acari: Ixodidae). *Exp Appl Acarol.* 2013 April; 59 (4) : 483-91, DOI : 10.1007/s10493-012-9610-5.
- 149- Sutherst RW, Norton GA, Barlow ND, Conway GR, Birley M, Comins HN. An analysis of management strategies for cattle tick (*Boophilus microplus*) control in Australia. *J Appl Ecol.* 1979; 16: 359-382.
- 150- Willadsen, P. Vaccines, genetics and chemicals in tick control: the australian experience. *Trop Anim Health Prod.* 1997; 29: 91S-94S.
- 151- Plan Communal de Développement (PCD) de la Commune rurale de Talata Volon'ondry. 2007.
- 152- Données Monographiques de la Commune rurale de Mangamila. 2012.
- 153- Plan Communal de Développement (PCD) de la Commune rurale de Mangamila. 2006.

- 154- Ravoniarijaona V. La forêt d'Anjozorobe et ses bordures faciés végétaux, évolution spatiale pratiques culturelles et gestion de l'aire protégée [Thèse]. Géographie: Antananarivo; 2010. 291p.
- 155- Données monographiques de la Commune rurale d'Anjozorobe, 2012.
- 156- Raselimanana AP, Goodman SM. Introduction. In : Goodman MS, Raselimanana AP, Wilmé L, dir. Inventaires de la faune et de la flore du couloir forestier d'Anjozorobe-Angavo. Antananarivo : Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique ; 2007. p. 1-18.
- 157- Monographie de la région du Vakinankaratra. 2008.
- 158- Minsitère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). Monographie de la région du Vakinankaratra. Unité de Politique de Développement Rural (UPDR). 2003
- 159- Center for Food Security and Public Health (CFSPH). *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. International Veterinary Information Service. February 2007. Disponible à http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/boophilus_microplus.pdf (accès le 26 décembre 2013).
- 160- Marchal C. Campagne d'éradication de la babésiose bovine en Nouvelle-Calédonie (2008-2010) [Thèse]. Parasitologie : Créteil ; 2011. 119 p.
- 161- Mattioli RC, Dampha K, Bah M, Verhulst A, Pandey VS. Effect of controlling natural field-tick infestation on the growth of N'Dama and Gobra zebu cattle in the Gambia. *Prev Vet Med*. 1998 February; 34 (2-3):137-46.
- 162- De Castro JJ. Sustainable tick and tickborne disease control in livestock improvement in developing countries. *Vet Parasitol*, 1997 July; 71 (2-3) : 77-97.
- 163- Food and Agriculture Organisation (FAO). Lutte contre la tique dans les caraïbes. Focus. 2002. Disponible à <http://www.fao.org/ag/fr/magazine/0205sp1.htm> (accès le 05 juin 2013).

ANNEXES

ANNEXES

Annexe I : CHRONOLOGIE DES TRAVAUX SUR L'EXPERIENCE EN CAGES

Tableau I : Calendrier de descente sur terrain à Mananta (site M)

Séries	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Dates et heures de la mise en place des nymphes et n° de cages tirées au sort.	Jeudi 03 juin 2010 <i>16h00</i> Cages n°: 5, 9, 2, 1, 4, 8, 3	Jeudi 01 juillet 2010 <i>13h 45mn</i> Cages n°:18, 13, 11, 16, 6, 12	Jeudi 29 juillet 2010 <i>16h30</i> Cages n°: 23, 14, 19, 22, 10	Dimanche 29 août 2010 <i>17h 06</i> Cages n°: 7, 17, 15, 21
Contrôle semaines à 3	Jeudi 24 juin cage n°5	Jeudi 22 juillet cage n° 18	Jeudi 19 août cage n° 23	Jeudi 16 septembre cage n° 7
Contrôle semaines à 6	Jeudi 15 juillet cage n° 9	Jeudi 12 août cage n° 13	Jeudi 09 septembre cage n° 14	Jeudi 07 octobre cage n° 17
Contrôle semaines à 9	Jeudi 05 août cage n° 2	Jeudi 02 septembre cage n° 11	Jeudi 30 septembre cage n°19	Jeudi 31 octobre cage n° 15
Contrôle semaines à 12	Jeudi 30 août cage n° 1	Jeudi 23 septembre cage n° 16	Jeudi 21 octobre cage n° 22	Jeudi 18 novembre cage n° 21
Contrôle semaines à 16	Jeudi 23 septembre cage n° 4	Jeudi 21 octobre cage n° 6	Jeudi 18 novembre cage n° 10	
Contrôle semaines à 20	Jeudi 21 octobre cage n° 8	Jeudi 18 novembre cage n° 12		
Contrôle semaines à 24	Jeudi 18 novembre cage n° 3			

Tableau II: Calendrier de descente sur terrain à Ambohibe (site A)

Séries	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Dates et heures de la mise en place des nymphes et n° de cages tirées au sort.	Jeudi 03 juin 2010 <i>14h30</i> Cages n°: 1, 5, 10, 6, 4, 7, 8	Jeudi 01 juillet 2010 <i>16h 25mn</i> Cages n°: 11, 15, 13, 12, 3, 9	Jeudi 29 juillet 2010 <i>13h30</i> Cages n°: 2, 20, 19, 16, 17	Dimanche 29 août 2010 <i>14h 40</i> Cages n°: 21, 22, 14, 18
Contrôle semaines à 3	Jeudi 24 juin cage n°1	Jeudi 22 juillet cage n° 11	Jeudi 19 août cage n° 2	Jeudi 16 septembre cage n° 21
Contrôle semaines à 6	Jeudi 15 juillet cage n° 5	Jeudi 12 août cage n° 15	Jeudi 09 septembre cage n° 20	Jeudi 07 octobre cage n° 22
Contrôle semaines à 9	Jeudi 05 août cage n° 10	Jeudi 02 septembre cage n° 13	Jeudi 30 septembre cage n°19	Jeudi 28 octobre cage n° 14
Contrôle semaines à 12	Jeudi 29 août cage n° 6	Jeudi 23 septembre cage n° 12	Jeudi 21 octobre cage n° 16	Jeudi 18 novembre cage n° 18
Contrôle semaines à 16	Jeudi 23 septembre cage n° 4	Jeudi 21 octobre cage n° 3	Jeudi 18 novembre cage n° 17	
Contrôle semaines à 20	Jeudi 21 octobre cage n° 7	Jeudi 18 novembre cage n° 9		
Contrôle semaines à 24	Jeudi 18 novembre cage n° 8			

Tableau III: Calendrier de descente sur terrain à Ambatomahamanina (site T)

Séries	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Dates et heures de la mise en place des nymphes et n° de cages tirées au sort.	Mardi 01 juin 2010 <i>15h30</i> Cages n°: 5, 2, 10, 1, 7, 8, 4	Mardi 29 juin 2010 <i>16h 40mn</i> Cages n°: 15, 12, 11, 6, 9, 13	Mardi 27 juillet 2010 <i>15h50</i> Cages n°: 22, 17, 19, 3, 18	Samedi 28 août 2010 <i>14h 40</i> Cages n°: 23, 21, 20, 14
Contrôle semaines à 3	Mardi 22 juin cage n°5	Mardi 20 juillet cage n° 15	Mardi 17 août cage n° 22	Mardi 21 septembre cage n° 23
Contrôle semaines à 6	Mardi 13 juillet cage n° 2	Mardi 10 août cage n° 12	Mardi 7 septembre cage n° 17	Mardi 12 octobre cage n° 21

Contrôle semaines	à 9	Mardi 03 août cage n° 10	Mardi 31 août cage n° 11	Mardi 28 septembre cage n°19	Mardi 03 novembre cage n° 20
Contrôle semaines	à 12	Mardi 28 août cage n° 1	Mardi 21 septembre cage n° 6	Mardi 19 octobre Cage n°3	Mardi 16 novembre cage n° 14
Contrôle semaines	à 16	Mardi 21 septembre cage n° 7	Mardi 19 octobre cage n° 9	Mardi 16 novembre cage n° 18	
Contrôle semaines	à 20	Mardi 19 octobre cage n° 8	Mardi 16 novembre cage n° 13		
Contrôle semaines	à 24	Mardi 16 novembre cage n° 4			

Annexe II : QUESTIONNAIRES D'ENQUETE SUR LA DISTRIBUTION D'*A. VARIEGATUM* FICHE D'ENQUETES

I. Matériels utilisés:

- un tube contenant de l'alcool avec la tique *A. variegatum* (toutes les stases) dedans appelée en Malgache « kongom-pisaka » ou « kongomara »
- un tube contenant de l'alcool avec boophilus dedans → " kongon-gasy » pour la comparaison entre les deux espèces.

II. Les questions:

1. Est-ce que vous avez déjà trouvé ces tiques (surtout *A. variegatum*) sur vos animaux ou quelques parts? Faites bien la comparaison entre les différentes tiques qu'on vous montre, c'est-à-dire regardez les bien pour ne pas les confondre.

→ Si la réponse est OUI:

1.1. Depuis quand les avez-vous trouvées sur vos animaux?

1.2. Quel âge avez-vous quand vous les avez trouvées pour la première fois?

1.3. Est-ce que cette tique est-elle toujours présente sur vos animaux pendant toute l'année?

1.4. A quelle période de l'année les avez-vous constatées en grand nombre ou est-ce que leur nombre est toujours pareil pendant toute l'année?

→ Si la réponse est NON → autres questions

2. Est-ce que le lieu de pâturage de tous les éleveurs du village est le même? Ou chaque éleveur a son propre pâturage?

3. Est-ce que parfois vous amenez vos animaux en dehors de votre région pour travailler et puis ils reviennent après?

4. Est-ce que il y a des éleveurs qui achètent des animaux venant des autres régions?

5. Est-ce que vous faites de detiquage de vos animaux? À quelle période de l'année et quelle est la fréquence par année?(tous les trois mois ou une fois par an), quel produit utilisez-vous(Ivermectine ou d'autre produit) ?

6. Ou est-ce que vous ne detiquez pas du tout?

→ Si la réponse est oui, vous detiquez quand les tiques sont beaucoup sur les animaux ou il y a de période fixe pour detiquer ?

→ Si la réponse est non, pourquoi vous ne detiquez pas ?

Annexes III : DONNEES BRUTES DES RESULTATS

Annexe IIIa : Récapitulatif du devenir des nymphes gorgées d'*A. variegatum* déposées dans les cages

→ **Sur le site M (Mananta)**

Tableau I : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 1 du site M

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
3/6	,0							
24/6	3,0	5	0	30	0	0	0	0
15/7	6,0	9	0	28	2	0	0	0
5/8	9,0	2	0	27	1	2	0	0
30/8	12,6	1	0	19	4	1	6	0
23/9	16,0	4	0	3	6	3	18	0
21/10	20,0	8	0	0	2	0	28	0
18/11	24,0	3	0	0	15	12	2	1

Tableau II : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 2 du site M

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
1/7	,0							
22/7	3,0	18	26	2	2	0	0	0
12/8	6,0	13	0	30	0	0	0	0
2/9	9,0	11	0	28	1	0	0	0
23/9	12,0	16	0	7	3	1	18	0
21/10	16,0	6	0	0	1	0	29	0
18/11	20,0	12	0	0	11	1	18	0

Tableau III : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 3 du site M

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
29/7	,0							
20/8	3,1	23	24	0	2	4	0	0
9/9	6,0	14	0	29	1	0	0	0
30/9	9,0	19	0	19	2	0	9	0
21/10	12,0	22	0	0	5	1	24	0
18/11	16,0	10	0	0	4	0	26	0

Tableau IV : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 4 du site M

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
29/8	,0							
16/9	2,6	7	0	28	0	2	0	0
7/10	5,6	17	0	27	0	0	3	0
31/10	9,0	15	0	0	2	2	26	0
18/11	11,6	21	0	0	5	0	25	0

→ **Sur le site A (Ambohibe)**

Tableau V : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 1 du site A

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
3/6	,0							
23/6	2,9	1	0	29	1	0	0	0
15/7	6,0	5	4	17	9	0	0	0
5/8	9,0	10	0	21	9	0	0	0
29/8	12,4	6	0	29	1	0	0	0
23/9	16,0	4	0	0	7	2	19	2
21/10	20,0	7	0	1	20	6	3	0
18/11	24,0	8	0	0	24	0	6	0

Tableau VI : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 2 du site A

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
1/7	,0							
22/7	3,0	11	26	0	2	1	0	0
12/8	6,0	15	0	27	2	0	0	0
2/9	9,0	13	0	22	8	0	0	0
23/9	12,0	12	0	21	6	1	2	0
21/10	16,0	3	0	0	8	0	21	0
18/11	20,0	9	0	0	8	2	20	0

Tableau VII : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 3 du site A

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
29/7	,0							
19/8	3,0	2	29	0	1	0	0	0
9/9	6,0	20	0	12	17	1	0	0
30/9	9,0	19	0	30	0	0	0	0
21/10	12,0	16	0	0	4	0	26	0
18/11	16,0	17	0	0	2	0	28	0

Tableau VIII : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 4 du site A

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
29/8	,0							
16/9	2,6	21	12	18	0	0	0	0
7/10	5,6	22	0	30	0	0	0	0
28/10	8,6	14	0	0	7	1	22	0
18/11	11,6	18	0	0	8	21	1	0

→ **Sur le site T (Ambatomahammina/Talata)**

Tableau IX : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 1 du site T

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
1/6	,0							
22/6	3,0	5	26	1	2	1	0	0
13/7	6,0	2	2	25	1	2	0	0
3/8	9,0	10	0	28	0	2	0	0
28/8	12,6	1	0	29	0	1	0	0
21/9	16,0	7	0	28	2	0	0	0
19/10	20,0	8	0	14	7	0	9	0
16/11	24,0	4	0	0	5	0	24	1

Tableau X : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 2 du site T

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
29/6	,0							
20/7	3,0	15	28	0	0	2	0	0
10/8	6,0	12	19	0	6	5	0	0
31/8	9,0	11	27	0	1	2	0	0
21/9	12,0	6	1	27	2	0	0	0
19/10	16,0	9	2	16	7	4	1	0
16/11	20,0	13	0	20	6	3	1	0

Tableau XI : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 3 du site T

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
27/7	,0							
17/8	3,0	22	28	0	0	2	0	0
7/9	6,0	17	4	20	4	2	0	0
28/9	9,0	19	0	29	0	1	0	0
19/10	12,0	3	0	22	4	4	0	0
16/11	16,0	18	0	4	1	1	23	1

Tableau XII : Caractéristiques des tiques récupérées dans la série 4 du site T

	Délai (sem)	Cage	Nymphes mobiles	Nymphes immobiles	Tiques disparues	Nymphes mortes	Adultes vivants	Adultes morts
28/8	,0							
21/9	3,4	23	20	8	2	0	0	0
11/10	6,3	21	0	15	0	15	0	0
2/11	9,4	20	0	0	11	1	18	0
23/11	12,4	14	0	18	8	1	3	0

Annexe IIIb : Résultats d'enquêtes

- Dans la région d'Anjozorobe (zone de Mangamila), les villages suivants ne sont pas parcourus mais enquêtés grâce à la présence de leurs représentants respectifs et dans lesquels *A. variegatum* est encore absent : Vodivato, Amboavahy, Alakamisy, Morarano, Antronga, Analalava, Antranomanara, Andranomadio, Antanetibe Mahatsinjo, Antanetilava, Ankazondrano, Ampatsikahitra, Analavory, Analalavakely Ambodinatevy, Ankaifotsy, Ambohitrandriana, Ambatomitsangana, Miaramasondro Amberokely.
- Les abréviations dans les tableaux des pages suivantes :
 - EPT : Etat de Présence de la Tique (*A. variegatum*)
 - ☞ 0=tique absente
 - ☞ 1=tique présente

- ☞ 2= Il y a un désaccord entre les enquêtés dans un village sur la présence ou non de la tique (elle est présente pour certains et absente pour les autres)
- PA : Période d'Appartion de la tique
- SI : Situation d'Infestation
- ☞ 3= tique présente en grand nombre
- ☞ 4= tique présente mais encore moins abondante
- Abréviation des noms des villages

Amp/nonana : Ampilanonana	Amb/droso : Ambohimandroso
A/fiakarana : Ambodifiakarana	A/kontona : Andranokontona
M/manana : Maromanana	A/menaloha : Ambohitsimenaloha
A/dondona : Ankodondona	Ts/honenana : Tsarahonenana
A/tanantsoa : Ampamantanatsoa	Amb/mamory : Ambohimamory
Amb/rivo : Ambohimanarivo	Ank/renana : Ankamarenana
M/masoandro : Miaramasoandro	Amb/tsimiray : Ambohitsimiray
Amb/beloma : Ambohibeloma	A/miadana : Ambohimiadana
Amb/bazona : Ambohibazona	A/haonana : Ambohipihaonana
A/dranandriana : Ambohidranandriana	Amb/masoana : Ambohimasoana
A/manatrika : Ambohimanatrika	Man/resaka : Mandaniresaka
Ta/toavala : Tanetibetoavala	A/lampikely : Ambatolampikely
A/manelatra : Andranomanelatra	
Ants/mahazo : Antsampan'ny Mahazo	
Amb/driana: Ambonindriana	
Za/Ambony : Zanaka Ambony	
Vi/karena : Vinaninkarena	

Tableau I : Résultats d'enquête dans la zone d'Anjozorobe

Zone	Fokontany	Villages	EPT	PA	SI	Alt	Lat	Long
	Antsahabe-Est	Ambodipaiso	0			1273	47°91713	18°40680
	Ankadivory	Amboanjobe	0			1292	47°85358	18°44602
	Amp/nonana	Ampany	0			1300	47°85211	18°45035
	Amp/nonana	Apamoloana	0			1300	47°85068	18°45492
	Amp/nonana	Fierenana	0			1301	47°85500	18°45776
	A/fiakarana	A/fiakarana	0			1302	47°84867	18°46313
	Andreba	Andreba	0			1303	47°85023	18°46868
	Amp/nonana	Andranobe	0			1308	47°85236	18°46169
	Ankadivory	Ankadivory	0			1310	47°85883	18°44394
	Andreba	Faramanina	0			1312	47°85094	18°47056
	Antsahabe-Est	Ravoandriana	0			1313	47°92093	18°40934
	Antsahabe-Est	Antsahabe-Est	0			1332	47°90865	18°40546
	Antanetilava	Antanetilava	0			1332	47°90865	18°40546
	Anosivola	Manakana	0			1345	47°87672	18°47771
	Anosivola	Anosivola	0			1361	47°87297	18°47062
	Antanambao	Antanambao	2			1300	47°90178	18°38842
	Antetsezana	Antetsezana	1	environ 30 ans	3	1255	47°88072	18°40998
	M/manana	M/manana	1	environ 30 ans	3	1260	47°87955	18°37416
	Miandrarivo	Miandrarivo	1	environ 60 ans	3	1258	47°88480	18°37416
	Miandrarivo	Ampanikely	1	environ 3 ans	3	1258	47°88465	18°37048
	Masakalina	Masakalina	1	environ 30 ans	3	1265	47°88263	18°33464
	Masakalina	Mananta	1	environ 40 ans	3	1216	47°88920	18°32085
	A/dondona	Sarobaratra	1	environ 5 ans	3	1264	47°89649	18°43877
	Andriantany	Andriantany	1	environ 70 ans	2	1290	47°87072	18°39344
	Morarano	Morarano	1	environ 60 ans	2	1254	47°86717	18°38680
	Morarano	Ampanontaniana	1	environ 15 ans	2	1288	47°85581	18°37978
	Morarano	A/tanantsoa	1	environ 15 ans	2	1276	47°85307	18°37789
	Morarano	Marovato	1	environ 10 ans	2	1281	47°85107	18°37525
	Morarano	Ankasina	1	environ 40 ans	2	1293	47°86393	18°38391
	Fierenana	Fierenana	1	environ 30 ans	2	1279	47°85403	18°36630
	Fierenana	Miarinarivo	1	environ 60 ans	2	1306	47°86019	18°36514
ANJOZOROBE	Kamanja	Kamanja	1	environ 35 ans	2	1256	47°84026	18°37966
	Kamanja	Antanetibe	1	environ 30 ans	2	1276	47°83991	18°38374
	Amb/rivo	Amb/rivo	1	environ 30 ans	2	1289	47°84666	18°36813
	M/masoandro	Mahatory	1	environ 40 ans	2	1310	47°83029	18°37966
	Amb/beloma	Ambodivona	1	environ 2 ans	3	1277	47°85283	18°40778
	Amb/beloma	Amb/beloma	1	environ 5 ans	3	1306	47°85003	18°40877
	Amb/beloma	Belohataona	1	environ 2 ans	3	1260	47°85629	18°40492
	Amb/beloma	Foaramanina	1	environ 3 ans	3	1280	47°85891	18°40430
	Amb/bazona	Amb/bazona	1	environ 50 ans	3	1343	47°83574	18°42288
	Amb/droso	Amb/droso	1	environ 10 ans	3	1362	47°82721	18°43400
	M/masoandro	M/masoandro	1	environ 50 ans	2	1289	47°81867	18°38872
	Fierenana	Fierenana	1	environ 40 ans	2	1279	47°85403	18°36630
	A/dondona	Tsitiabedy	1	environ 8 ans	3	1269	47°89407	18°43507
	A/kontona	A/kontona	1	environ 70 ans	2	1271	47°89476	18°45964
	Betsimizara	Andranolava	1	environ 25 ans	3	1275	47°87481	18°42541
	Antsorindrana	Farazato	1	environ 20 ans	3	1282	47°87357	18°43638
	Amp/nonana	Amp/nonana	1	environ 30 ans	3	1282	47°85020	18°45869
	Ankadivory	A/menaloha	1	environ 25 ans	3	1284	47°86068	18°42780
	Antsorindrana	Antsorindrana	1	environ 10 ans	3	1284	47°87099	18°44097
	Betsimizara	Betsimizara	1	environ 30 ans	3	1289	47°87352	18°43196
	Amp/nonana	Antsaharoloha	1	environ 25 ans	3	1296	47°86138	18°46432
	Mangarivotra	Mangarivotra	1	environ 10 ans	3	1298	47°85907	18°41336
	Antetsezana	Amb/borona	1	environ 45 ans	3	1301	47°87757	18°41159
	Amp/nonana	Ts/honenana	1	environ 20 ans	3	1301	47°85892	18°46029
	Antsorindrana	Ambononoka	1	environ 3 ans	3	1304	47°86048	18°44964
	Akahilely	Akahikely	1	environ 3 ans	3	1309	47°86267	18°41798
	Ankidondona	Ankidondona	1	environ 65 ans	2	1312	47°89835	18°44552
	Antsorindrana	Mahatsinjo	1	environ 60 ans	3	1320	47°85952	18°45398

Tableau II : Résultats d'enquête dans la zone de Mangamila

Communes	Fokontany	Villages	EPT	PA	SI	Alt	Lat	Long
		Tsilazaina	0			1295	47°86599	18°51133
	Ambohidava	Ambohidava	0			1316	47°87984	18°48436
		Amb/mamory	0			1328	47°86803	18°52363
		Ankadilalana	0			1328	47°86660	18°52531
	Tsarasaotra	Tsarasaotra	0			1330	47°91240	18°55652
		Ank/renana	0			1367	47°86407	18°57333
		Ambodivona	0			1373	47°84858	18°60369
		Amb/tsimiray	0			1380	47°88554	18°57121
	Anosikely	Ankadivory	0			1298	47°86312	18°51524
		Ts/honenana	0			1348	47°86602	18°50822
		Ambatofikinina	0			1350	47°88154	18°52895
	A/miadana	A/miadana	0			1355	47°89497	18°56062
		Analaila	0			1359	47°88578	18°53562
		Amb/droso(A/haonana)	0			1381	47°83750	18°63221
MANGAMILA		Amboniakondro	0			1382	47°86588	18°58166
		Ambondrona	0			1382	47°86584	18°60188
		Mioridrano	0			1382	47°85422	18°61404
		A/haonana Tanàna	0			1384	47°82922	18°64450
		Analabesimpona	0			1388	47°87238	18°58396
		Amb/droso(Mi/drano)	0			1394	47°85089	18°61960
		Anjezika	0			1398	47°87326	18°59397
		A/haonana la Croix	0			1398	47°83397	18°63876
		Analabe	0			1400	47°87123	18°54175
		Ambohibola	0			1405	47°84645	18°60433
		Antobimandroso	0			1411	47°83883	18°53949
		Amboarakely	0			1415	47°83400	18°53413
	Bekitay	Bekitay	0			1415	47°84872	18°56257
		Analamana	0			1437	47°83027	18°53330
	Antatamokely	Ampasika	1	environ 42 ans	3	1406	47°81081	18°53196
	Antatamokely	Antatamokely	1	environ 30 ans	3	1421	47°80294	18°53447
	Antokonana	Antokonana	1	dépuis toujours	2	1384	47°80764	18°67347

Tableau III : Résultats d'enquête dans la région de Vakinankaratra

Communes	Fokontany	Villages	EPT	PI	SI	Alt	Long	Lat
A/dranandriana	Miarinarivo	Miarinarivo	0			1609	47°15747	19°89334
A/dranandriana	A/manatrika	A/manatrika	0			1610	47°15987	19°89752
A/dranandriana	Miarinarivo	Andrainarivo	0			1612	47°16056	19°89561
A/dranandriana	Tsaramody	Tsarafara	0			1628	47°15766	19°90587
Antsoatany	Mahandraza	Mahandraza	0			1642	47°13367	19°75831
Antsoatany	Ta/toavala	Tanetibe	0			1645	47°13609	19°74927
A/manelatra	Andranotsara	Andranotsara	0			1646	47°12555	19°76512
Antsoatany	Ta/toavala	Toavala	0			1655	47°13885	19°73981
Antsoatany	Antsoatany	Antsira	0			1668	47°14490	19°72379
Antsoatany	Antsoatany	Antsoatany	0			1669	47°16129	19°71063
Antsoatany	Ants/mahazo	Faravohitra	0			1680	47°16622	19°70678
Antsoatany	Ants/mahazo	Amb/driana	0			1684	47°16939	19°69805
Ambohibary	Fenomanana	Amb/droso	0			1688	47°17654	19°66477
Antsoatany	Ants/mahazo	Ants/mahazo	0			1690	47°16727	19°68320
Ambohibary	Sambaina	Sambaina	0			1700	47°15767	19°63952
Ambohibary	Fenomanana	Vohitsoa	0			1722	47°16956	19°66088
Soanindrariny	Soanindrariny	Vohikely	0			1788	47°22763	19°90177
Soanindrariny	Anosikely	E/vorona	0			1792	47°21544	19°90049
Soanindrariny	Anosikely	Anosikely	0			1825	47°19281	19°90172
Faravohitra	Ankadilalana	Ankadilalana	0			1948	47°01449	19°48959
Manandona	Za/Ambony	Za/Ambony	1	environ 30 ans	4	1375	47°05352	20°03684
Manandona	Manandona	Manandona	1	environ 20 ans	4	1381	47°05540	20°05608
Vi/karena	Vi/karena	Vi/karena	1	environ 30 ans	4	1464	47°04316	19°96134
Vi/karena	Atsopolotra	Atsopolotra	1	environ 32 ans	4	1464	47°03638	19°96923
Antsirabe	Morarano	Morarano	1	environ 30 ans	4	1468	47°04524	19°93002
Antsirabe	Antseva	Antseva	1	environ 50 ans	4	1477	47°04566	19°92348
Antsirabe	Man/resaka	Man/resaka	1	environ 50 ans	4	1486	47°04484	19°91144
Antsirabe	Androvakely	Androvakely	1	environ 62 ans	4	1514	47°05883	19°88623
Antsirabe	Androvakely	Soa/Mahatsinjo	1	environ 50 ans	4	1514	47°06766	19°89062
Mandritsara	Ampahitrimaha	Ampahitrimaha	1	environ 10 ans	4	1523	46°93244	19°86610
Antsirabe	Vohitrarivo	Antanivony	1	environ 10 ans	4	1524	47°07863	19°87292
Vinaninkarena	Mahazina	Mahazina	1	environ 50 ans	4	1524	47°02981	19°99465
Antsirabe	Vohitrarivo	Antanifotsy	1	depuis toujours	4	1527	47°08026	19°87097
Ibity	Ibity	Ibity	1	depuis toujours	3	1528	46°99944	20°05665
Antsirabe	Androvakely	Talakimaso	1	environ 52 ans	4	1530	47°07055	19°88788
Antsirabe	M/masoandro	M/masoandro	1	environ 35 ans	4	1544	46°98048	19°85346
Mahaiza	Mahaiza	Mahaiza	1	environ 45 ans	3	1548	46°80500	19°90219
Vinaninkarena	Mahaimandry	Mahaimandry	1	environ 35 ans	4	1559	47°02200	20°00930
Antsirabe	Andranobe	Fierenana	1	environ 40 ans	4	1561	46°98168	19°83335
Antsirabe	Fierenana	Fierenana	1	environ 45 ans	4	1563	46°97760	19°84264
Amb/droso	Amb/droso	Amb/droso	1	environ 2 ans	4	1571	47°43208	19°52243
Antsirabe	Androvakely	Amb/masoana	1	environ 20 ans	4	1573	47°07596	19°88457
Antanifotsy	Antanifotsy	Antanifotsy	1	environ 20 ans	4	1577	47°32300	19°66028
A/dranandriana	Antsahavory	Antsahavory	1	environ 65 ans	4	1577	47°11438	19°88604
Ambatolampy	Ambatolampy	Ambatolampy	1	environ 8 ans	4	1580	47°42769	19°38204
A/dranandriana	Antsahavory	Morarano	1	environ 56 ans	4	1619	47°10190	19°87867
Antsirabe	Vohitrarivo	Ambatotokana	1	environ 40 ans	4	1656	47°09033	19°87705
Faratsiho	Faratsiho	Faratsiho	1	environ 3 à 4 ans	4	1775	46°95034	19°40327
Soanindrariny	Soanindrariny	Soanindrariny	1	environ 4 ans		1784	47°23528	19°90508
A/dranandriana	Amb/droso	Amb/droso	2			1576	47°12590	19°89389
A/dranandriana	Soamonina	Soamonina	2			1580	47°14279	19°89627
A/dranandriana	Tsaramody	Tambitsy	2			1598	47°16082	19°90559
A/dranandriana	Miarinarivo	Ambanivano	2			1605	47°15932	19°89412
A/dranandriana	Tsaramody	Tsarazaza	2			1631	47°16470	19°90410
A/manelatra	A/manelatra	A/manelatra	2			1643	47°11737	19°77324
Soanindrariny	Anosikely	Ambatolampy	2			1806	47°20237	19°89810
Soanindrariny	Anosikely	A/lampikely	2			1813	47°20961	19°89920

VELIRANO

« Eto anatrehan'i ZANAHARY, eto anoloan'ireo mpikambana ao amin'ny Holafitra Nasionalin'ny Dokotera Veterinera Malagasy sy ireo mpampianatra ahy, mianiana aho fa hitandro lalandava ary hatraiza hatraiza ny haja امام-boninahitry ny Dokotera Veterinera sy ny asa.

Noho izany dia manome toky ary mianiana aho fa:

- a. Hanatanteraka ny asako eo ambany fifehezan'ny fitsipika misy ary hanaja ny rariny sy ny hitsiny;
- b. Tsy hivadi-belirano amin'ny lalàn'ny voninahitra, ny fahamendrehana, ny fanajana ny rariny sy ny fitsipi-pitondran-tena eo am-panatanterahana ny asa maha Dokotera Veterinera.
- c. Hanaja ireo nampianatra ahy, ny fitsipiky ny hai-kanto. Hampiseho ny sitraka sy fankatelemana amin'izy ireo ka tsy hivaona amin'ny soa nampianarin'izy ireo ahy;
- d. Hanaja ny ain'ny biby, hijoro ho toa ny andry hiankinan'ny fiarovana ny fahasalaman'izy ireo sy ho fanatsarana ny fiainany ary hikatsaka ny fivoaran'ny fahasalaman'ny olombelona sy ny toe-piainany;
- e. Hitazona ho ahy samirery ny tsiambaratelon'ny asako;
- f. Hiasa ho an'ny fiarovana ny tontolo iainana sy hiezaka ho an'ny fisian'ny fiainana mirindra ho an'ny zavamanan'aina rehetra ary hikatsaka ny fanatanterahana ny fisian'ny rehetra ilaina eo amin'ny fiaraha-monina tsy misy raoraon'ny olombelona sy ny biby;
- g. Hiezaka ahafehy ireo fahalalana vaovao sy hai-tao momba ny fitsaboana biby ary hampita izany ho an'ny hafa ao anatin'ny fitandroana ny fifanakalozana amin'ny hairaha mifandray amin'izany mba hitondra fivoarana ho azy;
- h. Na oviana na oviana aho, tsy hanaiky hampiasa ny fahalalako sy ny toerana misy ahy hitondra ho any amin'ny fahalovana sy hitarika fihetsika tsy mendrika.

Ho toavin'ny mpiara-belona amiko anie aho raha mahatanteraka ny velirano nataoko. Ho rakotry ny henatra sy horabirabian'ireo mpiray asa amiko kosa aho raha mivadika amin'izany. »

PERMIS D'IMPRIMER

LU ET APPROUVE

Le Directeur de thèse

Signé : Professeur RASAMBAINARIVO Jhon Henri

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Le Doyen de la Faculté de Médecine d'Antananarivo

Signé : Professeur ANDRIAMANARIVO Mamy Lalatiana

Names and first names: RAHAJARISON NAMBININTSOA Tojonilahatra Patrick G.

Thesis title: « CURRENT AND POTENTIAL DISTRIBUTIONS OF *AMBLYOMMA*
VARIEGATUM IN THE MALAGASY HIGHLANDS »

Category: Parasitology

Number of pages: 126

Number of pictures: 35

Number of tables: 15

Number of bibliographical references: 163

Number of appendixes: 03

ABSTRACT

Introduction: *Amblyomma variegatum* is one of the most harmful tick species for the farming in Africa and in Caribbean. It constitutes a considerable constraint for the improvement of cattle livestock productivity. The main targets of the study were to identify the current distribution of the tick and determine if the climatic constraints explained this distribution.

Methods: We have carried out a prospective cohort study between May and November 2010 in three areas (to the north of Antananarivo) for the experiment with the engorged nymphs. A survey was implemented in two regions (Anjozorobe and Vakinankaratra) for determination of the current tick distribution.

Results: The coolest temperature recorded during the study in the tick-free site (6.8°C), as well as the high number of records below 10°C, did not kill the tick but delayed nymphal moulting. *A. variegatum* is currently distributed on all of the Malagasy highlands except some areas situated over 1600 m above sea level.

Conclusion: The Mangamila area like all Malagasy highlands is potentially suitable for establishment of *A. variegatum*.

Keywords: *Amblyomma variegatum*, Ixodidae, Climate, Highlands

Director of thesis: Professor RASAMBAINARIVO Jhon Henri

Reporter of thesis: Docteur RALINIAINA Modestine

Author address: Bloc 81 porte A₁ CU Ambohipo

Noms et prénoms : RAHAJARISON NAMBININTSOA Tojonilahatra Patrick G.

Titre de la thèse : « DISTRIBUTIONS ACTUELLE ET POTENTIELLE
D'AMBLYOMMA VARIEGATUM SUR LES HAUTS
PLATEAUX MALGACHES »

Rubrique : Parasitologie

Nombre de pages : 126

Nombre de figures : 35

Nombre de tableaux : 15

Nombre de références bibliographiques : 163

Nombre d'annexes : 03

RÉSUMÉ

Introduction : *A. variegatum* est actuellement une des espèces de tiques les plus préjudiciables pour l'élevage africain et caribéen car elle constitue un frein considérable à l'amélioration de la productivité chez le ruminant. Deux objectifs principaux étaient visés par l'étude décrite : identifier la distribution actuelle de la tique et déterminer si les contraintes climatiques expliquaient cette distribution.

Méthodes : Nous avons réalisé une étude prospective de cohorte entre mai et novembre 2010 dans trois sites (au nord d'Antananarivo) pour l'étude expérimentale. L'enquête de distribution de la tique a concerné deux zones (Anjozorobe et Vakinakaratra).

Résultats : La température la plus froide (6,8°C) observée dans le site non infesté (près de Mangamila), pas plus que le nombre élevé d'heures enregistrées sous le seuil de 10°C, n'ont tué la tique. Mais cela a ralenti la métamorphose des nymphes. *A. variegatum* est actuellement répartie sur tous les hauts plateaux malgaches sauf dans quelques zones au-dessus de 1600 m d'altitude.

Conclusion : La région de Mangamila comme tous les hauts plateaux malgaches sont potentiellement favorables à l'installation d'*A. variegatum*.

Mots-clés : *Amblyomma variegatum*, Ixodidae, Climat, Hauts plateaux

Directeur de thèse : Professeur RASAMBAINARIVO Jhon Henri

Rapporteur de thèse : Docteur RALINIAINA Modestine

Adresse de l'auteur : Bloc 81 porte A₁ CU Ambohipo